ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು

ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ಪ್ರಕಟಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು

ಪಠ್ಯೇತರ ಪುಸ್ತಕ 2

ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕರು : ಡಾ|| ಜಿ. ಎಸ್. ಶಿವರುದ್ರಪ್ಪ

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿ :
ಡಾ|| ಕೆ. ಎನ್. ಕುಚೇಲ (ಅಧ್ಯಕ್ಷರು)
ಪ್ರೊ|| ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
ಪ್ರೊ|| ಬಿ. ವಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್

ಪ್ರಕಾಶಕರು :
ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪ
ಕೋ-ಆರ್ಡಿನೇಟರ್
ಪ್ರಕಟಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು 1

ಬೆಲೆ : ರೂ. 3·00

ಮುದ್ರಣ : ಡಬ್ಲ್ಯು. ಕ್ಯು. ಜಡ್ಜ್ ಪ್ರೆಸ್, ಬೆಂಗಳೂರು 25

ಮುನ್ನುಡಿ

ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಪರಭಾಷಾ ಪ್ರಭುತ್ವ, ಶಿಕ್ಷಣಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಸಂದೇಹ ಮತ್ತು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಯೋಗ್ಯ ಗ್ರಂಥಗಳ ಕೊರತೆ–ಈ ಸಂದೇಹಗಳು ಕನ್ನಡ ನಾಡಿನಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಚಾರವಂತರನ್ನು ದಂಗುಬಡಿಸಿ, ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಗೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಣಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಅಡ್ಡಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿವೆ. ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಮತ್ತು ಸಾಹಿತಿಕ ಪರಂಪರೆಯುಳ್ಳ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಗೆ, ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಇತ್ಯಾದಿ ವಿಷಯಗಳ ವೈಚಾರಿಕ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಶಕ್ತಿ ಇಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದು ಅಸಮಂಜಸ; ಅದನ್ನೀಗ ನಂಬಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಕಳೆದ ಅರ್ಧ ಶತಮಾನದಿಂದ ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಶಂಸಾರ್ಹ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಶ್ರಮಿಸಿ ನಿರೀಕ್ಷಿತ ಸಫಲತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ; ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಒಳ್ಳೇ ಸಮಾಧಾನಕಾರಕ ಪ್ರಗತಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಜನ್ಮತಾಳಿದ್ದು 1964-65 ರಲ್ಲಿ. ಮುಂದೆ ಅಲ್ಪಾವಧಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಅಂದರೆ 1967 ರಲ್ಲಿ ಉಚ್ಚ ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಉತ್ತಮ ಮಟ್ಟದ ಜ್ಞಾನ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿಯೇ ದೊರೆಯುವಂತೆ ಯುತ್ನಿಸಬೇಕೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರ ಕೈಗೊಂಡಿತು. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಪ್ರವೃತ್ತವಾಯಿತು. ಇತರ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಂತೆ ಸರಕಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವೂ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ರೂಪಿಸಿದೆ; ಹಲವಾರು ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ.

ದಿನದಿನಕ್ಕೆ ಮಾನವಿಕ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನ ಭರದಿಂದ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ. ಪ್ರಗತಿಪರ ಜ್ಞಾನಾರ್ಜನೆಗೆ ಯೋಗ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ಸಾಹಸದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಅಧ್ಯಾಪಕರು ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರ ಶ್ರದ್ಧೆ ಸಹಕಾರಗಳಿಂದ ನಮ್ಮ ಕಾರ್ಯ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಣ ಮಟ್ಟ ಸಾರ್ಥಕ ನಿಲುವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವೇ ಇಲ್ಲ.

ಟಿ. ಕೆ. ತುಕೋಳ್
ಉಪಕುಲಪತಿ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ನಾಲ್ಕು ಮಾತು

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಂತಹ ಉನ್ನತ ಶಿಕ್ಷಣ ವಲಯದಲ್ಲಿ, ಭಾರತದ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಗಳು ಶಿಕ್ಷಣಮಾಧ್ಯಮವಾಗಬಲ್ಲವೆ, ಒಂದು ವೇಳೆ ಆದರೆ ಬಹು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಭಾರತದಂತಹ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಅದರ ಪರಿಣಾಮಗಳೇನು – ಎನ್ನುವ ಚರ್ಚೆ ಇನ್ನೂ ಈ ದೇಶದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇದೆ. ಈಜು ಬಾರದೆ ನೀರಿಗಿಳಿಯುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬಂತಿರುವ ಈ ಚರ್ಚೆಗಳನ್ನು ಅತ್ತ ಬಿಟ್ಟು, ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಶಿಕ್ಷಣಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರವೃತ್ತವಾಗುವುದೊಂದೆ ನಮಗಿರುವ ದಾರಿ. ಏಕೆಂದರೆ, ಯಾವ ಶಿಕ್ಷಣವೇ ಆಗಲಿ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗುವುದು, ನಮಗೆ ಪರಂಪರಾಗತವಾದ ಹಾಗೂ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚಲಿತವಾದ ನಮ್ಮ ನಮ್ಮ ಭಾಷೆಯ ಮೂಲಕವೇ ಹೊರತು ಬೇರೆ ಭಾಷೆಯ ಮೂಲಕ ಖಂಡಿತ ಅಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ಆ ಭಾಷೆಯನ್ನು ಅಭಿವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಪಳಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಆಯಾ ಭಾಷೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಅಭಿಮಾನವುಳ್ಳ, ತಿಳಿವಳಿಕೆಯುಳ್ಳ ವಿಚಾರವಂತರನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಹೀಗೆ ವಿಚಾರವಂತರನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುವ, ಮತ್ತು ಅವರ ಅಭಿವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ಅವಕಾಶಮಾಡಿಕೊಡುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು, ಕನ್ನಡ ನಾಡಿನ ಮೂರೂ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸರ್ಕಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಣ ವಿಭಾಗ ಕೈಗೊಂಡು, ಈಗಾಗಲೆ ತಕ್ಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಣ ವಿಭಾಗದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನ ಹೀಗಿದೆ: ಮಾನವಿಕ ಹಾಗೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಣತರಾದವರನ್ನು, ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಬಹುಕಾಲ ಬೋಧಕರಾದವರನ್ನು ಆಯಾ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಬರೆಯಲು ಕೇಳಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆ ರಚಿತವಾದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಗಳನ್ನು ಭಾಷಾತಜ್ಞರ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಆ ಪಠ್ಯ ವಿಷಯದ ಭಾಷೆಯ ನಿರ್ದುಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಖಚಿತ ಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅನಂತರ ಅದು ಸೊಗಸಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಚ್ಚಾಗಿ ಬಂದು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಗೆ ಒದಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಮೂಲತಃ ಆಯಾ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನುದ್ದೇಶಿಸಿ ರಚಿತವಾಗಿದ್ದರೂ ಅವು ಆಯಾ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಇತರರಿಗೂ ಉಪಯೋಗವಾಗಬೇಕೆನ್ನುವ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹೊರತಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈಗ ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡ ಐಚ್ಛಿಕ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿದೆ. ವರ್ಷದಿಂದ ವರ್ಷಕ್ಕೆ ಈ ಐಚ್ಛಿಕ ಮಾಧ್ಯಮವು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗುವ ಸೂಚನೆಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತಿವೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚುಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಬರಬೇಕಾಗಿದೆ. ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ, ಒಂದೊಂದು ವಿಷಯದಲ್ಲೂ ಶೀಘ್ರ ಗತಿಯಿಂದ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಮಕಾಲೀನ ವೈಚಾರಿಕ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಸ್ವಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸುವ ಸವಾಲನ್ನು ನಾವು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆದುಕೊಟ್ಟು ನಮ್ಮೊಡನೆ ಸಹಕರಿಸುತ್ತಿರುವ ಪ್ರೊ|| ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್ ಅವರಿಗೂ, ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಭಾಷಾದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ಶ್ರೀ ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್ ಕೊರಟಿ ಅವರಿಗೂ ಹಾಗೂ ಮುದ್ರಣಯೋಗ್ಯ ವೆಂದು ಸಲಹೆಮಾಡಿದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯವರಿಗೂ ನಾವು ಕೃತಜ್ಞರು. ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಮುದ್ರಣಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ನೆರವಾದ ಡಬ್ಲ್ಯು. ಕ್ಯು. ಜಡ್ಜ್ ಪ್ರೆಸ್ಸಿನವರಿಗೂ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು ಸಲ್ಲುತ್ತವೆ. ಈ ಮಹಾಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ, ಈ ಯೋಜನೆಗೆ ಬೆಂಬಲವಾಗಿ, ಪ್ರಕಟಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹವನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿರುವ, ಪ್ರಕಟವಾಗುತ್ತಿರುವ ಪುಸ್ತಕಗಳಿಗೆ ಮುನ್ನುಡಿ ಬರೆದು ಹರಸುತ್ತಿರುವ ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಮಾನ್ಯ ಉಪ ಕುಲಪತಿಗಳಿಗೆ, ಇನ್ನೆಲ್ಲ ಸಹಾಯ ಸಹಕಾರಗಳನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿರುವ ರಿಜಿಸ್ಟ್ರಾರವರಿಗೆ ಸಹ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು.

ಪ್ರಕಟಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗದ ಸಂಘಟಕರಾಗಿ, ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ಸಾಹದಿಂದ ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪನವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಅಭಿನಂದನೆಗಳು.

ಜಿ. ಎಸ್. ಶಿವರುದ್ರಪ್ಪ
ಅಧ್ಯಕ್ಷರು
ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಸಮಿತಿ

ವಿಷಯಾನುಕ್ರಮಣಿಕೆ

ಮೊದಲನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಪೀಠಿಕೆ

ಎರಡನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಿರಣಗಳು

ಐದನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರೋಹಿತದ ರಚನೆ

ಆರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ಕಾಂತಶಕ್ತಿ

ಏಳನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಜಡವಸ್ತು ಮತ್ತು ಅದರ ತರಂಗರೂಪದ ಲಕ್ಷಣಗಳು

ಎಂಟನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ವಸ್ತುವಿನ ಘನಸ್ಥಿತಿ

ಅಧ್ಯಾಯ 1

ಪೀಠಿಕೆ

1.1 ಹಳೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು

ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಎಂತಹುದು ಎಂಬ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಮಾನವನ ಜಿಜ್ಞಾಸೆಯು ಸುಮಾರು 2500 ವರ್ಷಗಳಿಂದಲೂ ನಡೆಯುತ್ತಲಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈಗಲೂ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಅದರ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅರಿಯಲು ಆಧುನಿಕರಾದ ನಾವು ಉತ್ಸುಕರಾಗಿಯೇ ಇದ್ದೇವೆ.

ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಮೂಲಭೂತವಾದ, ಮತ್ತು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ, ಕಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವು ಕ್ರಿ|| ಪೂ|| 5ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯೂಸಿಪ್ಪಸ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ಗ್ರೀಕ್ ತತ್ತ್ವಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಿಂದ ಕೊಡಲಾಯಿತು. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ತುಂಡುಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋದಲ್ಲಿ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಒಂದು ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಣವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲೇಬೇಕು ಎಂಬುದೇ ಅದರ ತತ್ತ್ವ. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇದೆ; ಅದರಿಂದಾಚೆಗೆ ಭಿನ್ನ ಮಾಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿಲ್ಲ – ಎಂಬುದೇ ಆ ಗ್ರೀಕ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಭಾವನೆ. ಹೀಗೆ ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಅಭೇದ್ಯವಾಗಿರುವ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಪರಮಾಣು (atom) ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬಂದಿತು. 'ಆಟಂ' ಎಂಬ ಪದಕ್ಕೆ 'ಅಚ್ಛೇದ್ಯ' ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಈ ತತ್ತ್ವವು ಕೇವಲ ಕಾಲ್ಪನಿಕವಾದ ಭಾವನೆಯಾಗಿ, ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದದೆ, ಸುಮಾರು 3000 ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. 16ನೆಯ ಶತಮಾನದಿಂದೀಚೆಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾದ ಮೇಲೆ ಈ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿತು. ಯಾವ ತತ್ತ್ವವೇ ಆಗಲಿ, ಶಾಸ್ತ್ರೀಯವಾಗಿ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಿಲ್ಲಬೇಕು; ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಹೊಂದದ

ಯಾವ ತತ್ತ್ವವೂ, ಎಷ್ಟೇ ಮೇಧಾವಿಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾದರೂ, ಮನ್ನಣೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲಾರದು. ಇದೇ ವಿಜ್ಞಾನ ಮಾರ್ಗದ ಮುಖ್ಯ ತಿರುಳು. ಈ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದರಿಂದಲೇ, ಮಹತ್ತ್ವಪೂರಿತವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ವಿಜ್ಞಾನದ ನಾನಾ ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದು ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಹಲವಾರು ಪ್ರಾಚೀನ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಬೆಂಬಲವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಹೊಸಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟವು. ಪರಮಾಣು ವಿಷಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಚರಿತ್ರೆಯೇ ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ.

1.2 ವಿಜ್ಞಾನಯುಗ – ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತ – ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು

ವಿಜ್ಞಾನ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ತಳಹದಿಯನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಜಾನ್ ಡಾಲ್ಟನ್ ಎಂಬ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1808ರಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆಡಹಿದ ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಆದ್ಯ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಹರಡಿದ್ದ ಹಲವಾರು ತತ್ತ್ವಗಳು ಕೇವಲ ಕಲ್ಪನಾ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಡಾಲ್ಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪರಮಾಣು ಎಂಬ ಪದಕ್ಕೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಕೊಟ್ಟನು. ಪರಮಾಣುವೆಂಬುದು ಒಂದು ಮೂಲಧಾತು (element) ವಿನ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಕಣ. ಇದು ಅಚ್ಛೇದ್ಯವಾಗಿಯೂ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಜಡಾಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಇದು ಆ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲ ಗುಣಗಳನ್ನೂ ಅಡಗಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಒಂದೊಂದು ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವಿಗೂ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಇರುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಹೊಸ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣು (molecule) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಅಂಗಗಳಾದ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಗಳೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳು ವಿವಿಧ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳು ಉದ್ಭವವಾಗುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನೀರಿನ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದು ಆಮ್ಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವೂ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಉಪ್ಪಿನ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವೂ ಒಂದು ಕ್ಲೋರೀನ್ ಪರಮಾಣುವೂ ಮಿಲನವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲು H_2O ಮತ್ತು NaCl ಎಂಬ ಸಂಕೇತ

ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಅವೊಗಾಡ್ರೋ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೂ ಕೂಡ ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಅನಿಲಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. 1869 ರಲ್ಲಿ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಒಂದು ಪುನರಾವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಂತಿರುವ ಪಟ್ಟಿ (periodic table) ಯನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಈ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕಂಬದ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖವಾದ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಗಣನೀಯವಾದ ಪ್ರಗತಿಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಅದರ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ. ಹಲವಾರು ಬಾಹ್ಯರೂಪಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಭಿನ್ನಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಕೇವಲ 92 ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತು (element) ಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಈ ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೂ ಒಂದು ಅಭೇದ್ಯ ಪ್ರಮಾಣದ ಪರಮಾಣುವಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಭಿನ್ನ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ಅಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ತಮ್ಮ ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ಭೇದಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲಾಗದಿದ್ದರೂ, ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಆಧಾರಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು ಯಾವ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಗುಣಿಸಿದರೆ ಮಿಕ್ಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದೋ ಆ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಆ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕ (atomic weight) ವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವನ್ನು 1 ಎಂಬ ಮೂಲಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆ 16 ಆಗಿಯೂ, ಕ್ಲೋರೀನ್‌ಗೆ 35·5 ಆಗಿಯೂ, ಯುರೇನಿಯಂಗೆ 238 ಆಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ, ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

19 ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ವಾಸ್ತವ ತೂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕೆಲವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ಇದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು :

ವಿಶಾಲವಾದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತೈಲ ಬಿಂದುವನ್ನು ಹಾಕಿದರೆ ಅದು ಇಡೀ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಹರಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಏಕರೂಪವಾಗಿ ವ್ಯಾಪಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಪರೆಯ ದಪ್ಪವು ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿ, ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಗೊತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಅದರಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಅಣುಗಳಿರುತ್ತವೆಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಮೂಲಬಿಂದುವಿನ ಗಾತ್ರವು ತಿಳಿದಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಸದ ಅಂದಾಜನ್ನು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ವ್ಯಾಸವು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಪ್ರಮಾಣವಿರುವಂತೆ ಭಾಸವಾಯಿತು. ಗಾತ್ರದ ಅಂದಾಜನ್ನು ತಿಳಿದ ಮೇಲೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ವಾಸ್ತವ ಜಡಾಂಶವನ್ನು ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಗಣನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ಪ್ರಮಾಣವು ಸುಮಾರು 10^{-23} ಗ್ರಾಂ ಇರುವಂತೆ ತೋರಿಬಂದಿತು.

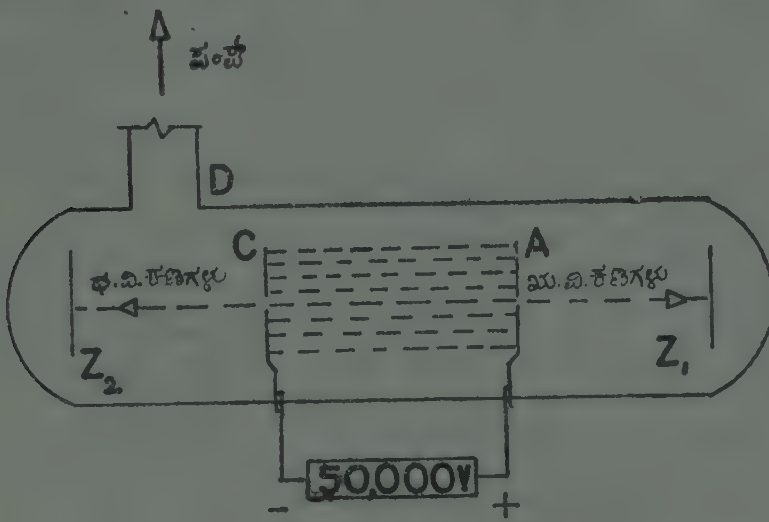
ಡಾಲ್ಟನ್ ತನ್ನ ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ನಂತರ ಸುಮಾರು 100 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾದ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯೆಲ್ಲ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದ್ದಿತೇ ಹೊರತು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮೂಲಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವೃದ್ಧಿಯೂ ಆಗಲಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣುವು ಅಭೇದ್ಯವಾದ ಕಣವೆಂಬ ಭಾವನೆಯೇ ತಳಹದಿಯಾಗಿದ್ದುದರಿಂದ ರಚನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಏಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು 19 ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯವರೆಗೂ ಇದ್ದಿತು.

1·3 ನವೀನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಉದಯ – ಅನಿಲಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಹನ

1897 ರಲ್ಲಿ ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ ಎಂಬ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಕೋನವನ್ನೇ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟವು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನವೀನ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾಯಿತು. ಅದರೊಂದಿಗೆ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನವೂ ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳಿತು. ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿಯೇ ಇದೊಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಘಟನೆ.

ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಿದ ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಜ್ಯೋತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಸುಮಾರು 70 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಸಾಧಾರಣ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಆ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು $\frac{1}{1000}$ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ

ಕಡಮೆ ಮಾಡಿದರೆ (ಅಂದರೆ, 1 ಮಿ. ಮೀ. ಗಿಂತ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡ: ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡ=760 ಮಿ. ಮೀ. ಒತ್ತಡ) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸರಾಗವಾಗಿ ಸಾಗಲು ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ 1·1 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 1·1

T ಎಂಬುದು ಒಂದು ಗಾಜು ನಾಳಿಕೆ. ಅದರ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು C ಎಂಬ ಎರಡು ಲೋಹದ ತಗಡುಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಸೂಚೀರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಕೊರೆಯಲಾಗಿದೆ. D ಎಂಬ ಪಾರ್ಶ್ವವನ್ನು ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿರೇಚಕ (vacuum pump) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಲಾಗಿದೆ. A ಮತ್ತು C ಗಳನ್ನು ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಸುಮಾರು 50,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. C ಎಂಬುದು ಋಣ (–) ಧ್ರುವಕ್ಕೂ A ಎಂಬುದು ಧನ (+) ಧ್ರುವಕ್ಕೂ ಸಂಪರ್ಕವಾಗಿರುವಂತೆ ತಿಳಿಯೋಣ. Z_1 ಮತ್ತು Z_2 ಎಂಬ ಎರಡು ಪ್ರಕಾಶ ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಜಿಂಕ್ ಬ್ಲೆಂಡ್ ಎಂಬ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಲೇಪಿಸಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕಾಶ ಕಿರಣಗಳು ಅಧಿಪತನವಾದರೆ ಅವುಗಳು ಸ್ಫುರಣ (fluoresce)ಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಯ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಮೊಹರು ಮಾಡಿ, ಪಂಪಿನ ಮೂಲಕ ಒಳಗಿನ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಮೆ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿ ($\frac{1}{100}$ ಮಿ.ಮೀ. ಗಿಂತ ಕಡಮೆ) ಇರುವಾಗ, ನಾಳಿಕೆಯ ಒಳಗಡೆ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಝುರಿಯು C ಮತ್ತು A ಗಳ ನಡುವೆ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒತ್ತಡವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು (50,000 V) ಒಳಗಿನ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ದಂಡಕಾಂತ (bar magnet) ವನ್ನು ಹತ್ತಿರ ತಂದರೆ, ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತಿದ್ದ

ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವು ಬಾಗುತ್ತದೆ. ದಂಡಕಾಂತದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು ಒಂದು ಕಡೆ ಬಾಗಿಸಿದರೆ, ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವದಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವ ಕಡೆ ಬಾಗುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಈ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಎರಡು ಬಗೆಯಾಗಿರುವಂತೆಯೂ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಧನ ಧ್ರುವವಾದ A ತಗಡಿಗೆ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅದರ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ Z_1 ತಗಡನ್ನು ಉಜ್ಜ್ವಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು (negative charge) ಹೊಂದಿ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (electron) ಎಂದು ಹೆಸರುವಾಸಿಯಾಗಿವೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ A ನಿಂದ C ಕಡೆಗೆ ಸಾಗುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳು ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿ, C ಯ ಮೂಲಕ ಅದರ ರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ಹೊರಗೆ ಹೊರಟು Z_2 ಎಂಬ ತಗಡನ್ನು ಪ್ರಕಾಶಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಣ (positive ray) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಗೊತ್ತುಹಿಡಿಯಲಾದ ಅಂಶವು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದುದು. ಅಂದರೆ, ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿಭಜನೆ ಹೊಂದಿ, ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿರೋಧ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳಿವೆ. ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳು A ತಗಡಿನ ಕಡೆಗೆ ಪ್ರಯಾಣಮಾಡಿ, ಅದರ ರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳು ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ C ತಗಡಿನಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶ (charge) ವಾಗಲಿ, ತೂಕವಾಗಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ತೂಕಗಳಾದರೋ, ಆ ಅನಿಲದ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ.

ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ (electric and magnetic fields) ಒಳಪಡಿಸುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಾಗುವಿಕೆಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ $\frac{e}{m}$(e= ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶ ; m= ಅದರ ಜಡಾಂಶ) ಮೌಲ್ಯವು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದಾದ ನಂತರ 1909 ರಲ್ಲಿ ಆರ್. ಎ. ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನದೇ ಆದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ 'e' ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ 'e' ಮತ್ತು 'm' ಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೌಲ್ಯಗಳು ನಿರ್ಧರಿತವಾದುವು. ಇದರಿಂದ ಸಾಧಿಸಲಾದ ಫಲಿತಾಂಶದ ಪ್ರಕಾರ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣವು ಜಲ

ಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜಡಾಂಶದ ಸುಮಾರು $\frac{1}{2000}$ ಭಾಗದ ಜಡಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಅಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಅತಿಕನಿಷ್ಠವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗಿಂತ ಅತಿಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಣವು ಒಂದಿದೆಯೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇನ್ನುಮುಂದೆ, ಅಭೇದ್ಯ ಕಣವೆಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಈ ಕಣವು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಆ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅವಿಭಾಜ್ಯವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಅಭೇದ್ಯಕಣವು ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಲೇಬೇಕಾದ ಸರ್ವವ್ಯಾಪಿಯಾದ ಕಣ. ಪರಮಾಣು ವಿಭಜನೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಗವಾದ ಮತ್ತು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕಣವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 1.1 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳೇ ಇವು. ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿವೆ: ಒಂದು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್; ಇನ್ನೊಂದು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರೋಟಾನ್. ಈ ಎರಡು ಮೂಲಕಣಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು ಜಡಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ.

	ವಿದ್ಯುದಂಶ	ಜಡಾಂಶ
ಪ್ರೋಟಾನ್ (p)	(+) 4.8×10^{-10} e.s.u.	1.67×10^{-24} ಗ್ರಾಂ (M)
ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (e)	(—) 4.8×10^{-10} e.s.u.	9.1×10^{-28} ಗ್ರಾಂ (m)

$$\frac{\text{ಪ್ರೋಟಾನ್ ಜಡಾಂಶ}}{\text{ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಡಾಂಶ}} = \frac{M}{m} = 1835 \text{ (ಸುಮಾರು)} \qquad (1.1)$$

ಅಂದರೆ, ಪರಮಾಣುವು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ (neutral) ಕಣವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಎರಡು ಅಂಗಗಳು ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದು ಸಮಾನ ಮೌಲ್ಯಗಳುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅಯಾನ್ (ions) ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವ ವಾಡಿಕೆಯಿದೆ.

1.4 ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಆಕೃತಿಯ ವಿವಿಧ ಕಲ್ಪನೆಗಳು

ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ರಚನೆಯಿದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಕಣವು ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಜಡಾಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತ ಮೇಲೆ, ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಅತಿರಭಸದಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನಡೆಯಲು ಆರಂಭವಾದುವು. ಪ್ರಕೃತಿಯೂ ಕೂಡ ತನ್ನ ಮರ್ಮಗಳನ್ನು ಹೊಸ ಹೊಸ ಸವಾಲುಗಳ ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆಡಹಲು ಆರಂಭಮಾಡಿತು. ಇದರ

ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ X-ಕಿರಣಗಳು, ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ (radioactivity) ಮುಂತಾದ ನವೀನ ರೀತಿಯ ಸಂಭವಗಳು ಉಂಟಾದುವು. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಬಗೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಜ್ಞಾನ ಉಂಟಾಯಿತು. ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಲೋಹದ ತುಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಣಗಳೇ X-ಕಿರಣಗಳು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು 1000 ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪಾಲು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಈ ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕಂಡು ಚಕಿತನಾದ ಮಾನವನು ಅತಿಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಅದರ ತಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ವೈದ್ಯಕೀಯ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಮನಗಂಡನು. ಹಾಗೆಯೇ, ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ ಮುಂತಾದ ಅತಿ ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ α, β ಮತ್ತು γ - ಕಿರಣಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಈ ಹಲವಾರು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ನಮಗೆ ಹೊಸ ಹೊಸ ಚಿತ್ರಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದಂತೆಲ್ಲ ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಗೋಚರವಾಗುವ ಚಿತ್ರಗಳೂ ಕೂಡ ಕ್ರಮೇಣ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿವೆ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಈ ಅನುಭವವು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇದ್ದರೂ, ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಬಹಳ ವಿಸ್ಮಯಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳ ಚರಿತ್ರೆಯೇ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಒಂದು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಚಿತ್ರದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಈಗ ಅದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಚಿತ್ರವು ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ನನಿಂದ ಕಲ್ಪಿತವಾದುದು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣುವು ಕಡುಬಿನ ಆಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಇದಕ್ಕೆ ಮಧ್ಯ ತಿರುಳೂ (central core) ಇದ್ದು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಗೋಲಿಗಳಂತೆ ಹುದುಗಿಟ್ಟಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ತಿರುಳಿನ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಆಕರ್ಷಕ ರೂಪವಾದ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿ ಇದೆ. ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿಯೇ ಬಹುತೇಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ಸತ್ತ್ವವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯಿರಬೇಕೆಂಬ ಭ್ರಮೆಯೇ ಕಾರಣವಾಗಿರಬೇಕು!

1911 ರಲ್ಲಿ ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಎಂಬ ನ್ಯೂಜಿಲೆಂಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದರ ಫಲವಾಗಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯು ಬದಲಾಗಬೇಕಾಯಿತು. ಆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ α-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಚಿನ್ನದ ಪದರ (gold foil) ದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದನು. ಆ ಪದರದಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ α-ಕಿರಣಗಳು ಎಲ್ಲ

ನೇಷಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಚಲಿತವಾದರೂ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮಾತ್ರ ಸುಮಾರು 150° ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಮಾರ್ಗಪರಿವರ್ತನೆ (deflection) ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದುದು ಭಾಸವಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಥಾಂಸನ್ನಿನ ಕಡುಬು ಚಿತ್ರವನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕಬೇಕಾಯಿತು. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರದ ಕೋನಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾರ್ಗಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಆ α– ಕಣಗಳು ಪರಮಾಣುವಿನ ಚದರಿಸುವ ಕೇಂದ್ರ (scattering centres) ಗಳಿಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪವಾಗಿ ಹೋಗಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಮತ್ತು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಮರ್ಥನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಆ ಕಣಗಳ ಅಂತರವನ್ನು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. (cm) ಇರಬೇಕೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ಗೊತ್ತಿದ್ದುದರಿಂದ, ಈ ಹೊಸ ಅಂತರವು ಅದರ $\frac{1}{10000}$ ಭಾಗದಷ್ಟಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಚದರಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ತಿರುಳಿನಂತಿರುವ ಕೇಂದ್ರವು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಅವಕಾಶದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯ 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಆ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಗಾತ್ರವು 10^{-24} cc (ಘನ ಸೆಂ.ಮೀ.) ಆಗಿಯೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗರ್ಭಪ್ರದೇಶ (core) ವು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ಅಂದರೆ 10^{-36} cc ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿಯೂ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, 10^{-24} cc ಆವರಣದಲ್ಲಿ 10^{-36} cc ಗಾತ್ರವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರುವ ಗರ್ಭಪ್ರದೇಶವಿರಬೇಕಾದರೆ, ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚವೆಲ್ಲವೂ ಶೂನ್ಯವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಕೆಯಾಗಿರುವುದೆಂದು ಇಡೀ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಗಾಧ ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶವನ್ನೆಲ್ಲ ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದೊಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾದ ಕಲ್ಪನೆಯಾದರೂ ವಾಸ್ತವವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಥಾಂಸನ್ನಿನ ಕಡುಬು ಚಿತ್ರವು ಮಾಯವಾಗಿ ರದರ್‌ಫರ್ಡಿನ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತ ರಚನೆ (nuclear atom) ಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಚಿತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಒಂದು ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಮಾದರಿಯಾಗಿ ಗಣಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಇದರ ಕೇಂದ್ರವು 10^{-13} ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಘನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರೋಟಾನ್. ಇದರಿಂದ 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ತೂಕವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಿಂತ 1840 ರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಸೂರ್ಯನೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಭೂಮಿ ಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ (gravitational) ಉಂಟಾದರೆ, ಪರಮಾಣುರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ವಿದ್ಯುದಾಕರ್ಷಣೆ (electrostatic) ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಮುಂದುವರಿಸಿ,

ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಮಾಡುವಂತೆಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೂ ಕೂಡ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ಸುತ್ತ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಸುಮಾರು 92 ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇದ್ದರೂ, ರಚನೆಯ ಮಾದರಿಯು ಒಂದೇ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಯಿತು.

ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಮುಂದುವರಿಸಿದರೆ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳ ನ್ಯೂನತೆಗಳು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಬಂದುವು. ಅಂದರೆ, ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಹೋಲಿಕೆಯು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಕೆಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಾಸ್ತ್ರದ ತತ್ತ್ವಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಋಣವಿದ್ಯುದಂಶವಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ವೇಗದಿಂದ ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದು ಒಂದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ (classical electromagnetic theory) ಅದರಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ (emission of radiation) ಯ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ, ಕ್ರಮೇಣ ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ಷಯವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಸ್ಥಿರವಾದ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿರದೆ, ಅತಿ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ, ಕೇಂದ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದು ಅವಸಾನಗೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ದುಷ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಭದ್ರತೆಗೇ (stability) ಧಕ್ಕೆ ಬಂದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಅದೃಷ್ಟದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಭೂಮಿಯೂ ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗುವ ಸಂಭವವಿಲ್ಲದಿರುವುದು ನಮಗೆ ಧೈರ್ಯವನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ !

1.5 ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಕಲ್ಪನೆಗಳು

ಪರಮಾಣುವಿನ ಭದ್ರತೆಯು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲಿನ ಮಾದರಿಯ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಇರಬಹುದಾದ ನ್ಯೂನತೆಯನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಈ ಸವಾಲನ್ನು 1913 ರಲ್ಲಿ ನೀಲ್ ಭೋರ್ ಎಂಬ ಡೆನ್ಮಾರ್ಕಿನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅತಿ ಧೈರ್ಯದಿಂದ ಎದುರಿಸಿ, ಈಗಲೂ ಹೆಸರುವಾಸಿಯಾಗಿರುವ ತನ್ನ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಪ್ರಮೇಯ (postulates) ಗಳನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟನು. ಇವನ ದಿಟ್ಟತನದಿಂದ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯುಂಟಾಯಿತು. ಇವುಗಳನ್ನು ಈಗ ಪ್ರಸ್ತಾವಿಸಬೇಕು.

ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಮುಖ್ಯ ಆಧಾರಭಾವನೆಗಳು ಹೀಗಿವೆ :

1. ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣಮಾಡುವಾಗ ಕೆಲವೇ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ (orbits) ಮಾತ್ರ ಇರಬಲ್ಲದು. ಹೀಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ ಅದು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿದ್ದ ತತ್ತ್ವಗಳಿಗೆ ನೇರ ವಿರುದ್ಧವಾದುದು. ಒಂದೊಂದು ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗಲೂ, ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯೂ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

2. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಸ್ಥಾಯೀಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಪಥವು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯೂ ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯಾವುದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಉದ್ರೇಕಗೊಂಡಾಗ ಅದು ಮೇಲು ಮಟ್ಟದ ಪಥಕ್ಕೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ಪಥದಿಂದ ಅತಿ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ತನ್ನ ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯದ ಪಥ (ground orbit)ಕ್ಕೆ ಮರಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮೇಲು ಮಟ್ಟದ ಪಥದಿಂದ ತನ್ನ ಸಹಜವಾದ ಪಥಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕಿರಣದಿಂದಲೇ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತರಂಗದೂರದ ರೋಹಿತರೇಖೆ (spectral line) ಯನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಎರಡು ಭಾವನೆಗಳೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದ್ದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿದ್ದ ನ್ಯೂಟನ್ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ತತ್ತ್ವಗಳಿಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದವು. ಆದರೂ, ಈ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಮುಂದುವರಿದು ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೆಲವು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ನಿಷ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿದನು. ಅವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ಮತ್ತು ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಹೊಂದಿದುವು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅಂಶಗಳು ದೃಢಪಟ್ಟವು.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು $a_1, a_2, a_3, \ldots$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳು $1^2 : 2^2 : 3^2 \ldots$ ಅಂದರೆ, $1 : 4 : 9 \ldots$ ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು $a_1 = 0{\cdot}5 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು. (1.2)

ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಪಥಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಿ, 1, 2, 3.... ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಗಳು $E_1, E_2, E_3 \ldots$ ಆದರೆ, ಮೂರನೆಯ ಪಥದಿಂದ ಒಂದನೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಧುಮುಕಿದರೆ, ವಿಕಿರಣವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು E_3-E_1 ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ರೋಹಿತರೇಖೆಯ ತರಂಗದೂರವು λ ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\lambda = \frac{hc}{(E_3 - E_1)} \qquad (1.3)$$

ಇಲ್ಲಿ h ಎಂಬುದು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ $= 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕಂಡ್ ಮತ್ತು $c =$ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ $= 3 \times 10^{10}$ ಸೆಂ.ಮೀ. / ಸೆಕಂಡ್.

ಇದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳ

(H_α H_β ....) ತರಂಗಾಂತರಗಳೂ ಕೂಡ ಭೋರ್ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ಹೊಂದಿದವು.

1.6 ಸದಿಶ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿ

ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವವು ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪವನ್ನು ಕೊಟ್ಟು, ಪ್ರಮುಖ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಂತಾಯಿತು. ಅದರ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವವು ಮೂಲಾಧಾರವಾದುದು. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಹಲವಾರು ಹೊಸ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಜೀಮನ್ ಪರಿಣಾಮವು (Zeeman effect) ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಅದರ ಪ್ರಕಾರ, ದ್ಯೋತಕವಸ್ತುವನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (magnetic field) ದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ರೋಹಿತ ದಲ್ಲಿ ಮೂಲರೇಖೆಗಳು ಭಗ್ನ (split) ವಾಗಿ ಪಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಹಲವು ಹೊಸ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾ ದರೆ, ಭೋರ್ ತಿಳಿಸಿದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಸುತ್ತುವ ಪಥದ ರೂಪವನ್ನೇ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾ ಯಿತು. ಮತ್ತು ಅದರ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನೇ ನಿರ್ದೇಶ ಮಾಡಬೇಕಾಗುವ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯ ಬೇಕಾದರೆ, ನಮ್ಮ ಕಲ್ಪನೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತು. ಈ ಹೊಸ ರೂಪದ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳು ಈ ರೀತಿಯಿರುತ್ತವೆ :

1. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವ ಪಥವು ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತ (ellipse) ವಾಗಿರಬೇಕು.
2. ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವಾಗ, ಅದರೊಂದಿಗೆ, ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ 24 ಘಂಟೆಗಳಿಗೆ ಒಂದಾವೃತ್ತಿ ಭ್ರಮಣ ಚಲನ ವನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೂ ಕೂಡ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ (spin) ಮಾಡುತ್ತ ದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.
3. ಪಥದ ಆಕಾರವು ನಿಖರವಾಗಿರುವಂತೆಯೇ ಅದು ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಭಿಮುಖ (orientation) ವಾಗಿರಬೇಕೆಂಬುದೂ ನಿಖರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಪಥದ ಆಕಾರವು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿರಲು ಮಾತ್ರವೇ ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವೋ, ಹಾಗೆಯೇ ಅವುಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ದಲ್ಲಿಯೂ ಕೆಲವು ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುವುದು ಆವಶ್ಯಕ.
4. ಇವುಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣ ವಾಗಿ ಕೆಲವು ಪ್ರಧಾನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನಿಯಮವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪಾಲಿ (Pauli) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ತತ್ತ್ವದಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ಪರಮಾಣುವಿನ ಚಿತ್ರದ ಮಾದರಿಗೆ ಸದಿಶ ಪರಮಾಣು ಚಿತ್ರ (vector model) ಎಂದು ಹೆಸರಾಯಿತು. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಈ ರಚನೆಗೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ರಚಿಸಿದ್ದ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಕೋಷ್ಟಕ ಪಟ್ಟಿಗೆ (periodic table) ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಈ ಮಾದರಿಯ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ :

1. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಲಯ (rings) ಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು K, L, M, N . . . . ಎಂಬ ಅಕ್ಷರಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿರುತ್ತದೆ.

2. ಒಂದೊಂದು ವಲಯದಲ್ಲಿಯೂ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಾನವಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ವಲಯಕ್ಕೂ ಕೆಲವು ಉಪವಲಯಗಳು (sub-groups) ಇರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ K, L. M, N. . . . ವಲಯಗಳಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ 2, 8, 18, 32,.... ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

3. ಜಲಜನಕದಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಯುರೇನಿಯಂವರೆಗೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ K ವಲಯದಿಂದ ಹಿಡಿದು, ಮುಂದಿನ ವಲಯಗಳನ್ನು ತುಂಬುತ್ತಾ ಹೋಗಬಹುದು. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು K ವಲಯದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಕಣಗಳು K ವಲಯದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಇನ್ನುಮುಂದೆ ಲಿಥಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಮೂರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು K ವಲಯದಲ್ಲಿದ್ದು ಮೂರನೆಯದು L ವಲಯದಲ್ಲಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರಿದರೆ, ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ 10 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು K ವಲಯದಲ್ಲಿಯೂ, ಮಿಕ್ಕ ಎಂಟು L ವಲಯದಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು K ಮತ್ತು L ವಲಯಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ ಒಂದು ನಿಯಮಬದ್ಧವಾದ ಜೋಡಣೆಗಳಿಂದ ರೂಪಿತವಾಗುವ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಿಂದ ಆಯಾ ವಸ್ತುಗಳ ಭೌತ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳೆಲ್ಲವೂ (physical and chemical properties) ರೂಪಿತವಾಗಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮನ್ವಯವನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

1.7 ವಸ್ತುವಿನ ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನ, ತಿರುಗುವ ಪಥಗಳ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಒಂದು ಆಕೃತಿಯು ರೂಪರೇಖೆಗಳು ತಿಳಿದಂತಾಯಿತು. ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೇ, ಒಂದು ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಕೋನದಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗಿದ್ದ ಸಂತುಷ್ಟ ಮನೋಭಾವಕ್ಕೆ ಬಾಧಕವಾಗುವ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕಂಡು ಬಂದವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೂ ಜಡಾಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಿದ್ದುಕೊಂಡು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲನವಲನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಮೂಲ ಭಾವನೆಯನ್ನೇ ಸಡಿಲಿಸಬೇಕಾಗುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. 1927 ರಲ್ಲಿ ಡೇವಿಸ್ಸನ್ ಮತ್ತು ಗರ್ಮರ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ನಿಕ್ಕಲ್ (nickel) ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕವಾಗಿದ್ದುವು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೋಗದೆ ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಬೆಳಕಿನ ವರ್ತನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿ ವಕ್ರವಿಭಜನೆ (diffraction) ಆಗುವಂತೆ ತೋರಿ ಬಂದಿತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೇ ಕಂಡುಬಂದಿರುವ ದ್ವಿಮುಖ ವರ್ತನೆ (dual character) ಯನ್ನು, ಕಣವೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೂ ಕೂಡ ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್ ಕಣರೂಪವೂ, ಅಲೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳೂ ಹೇಗೆ ಮಿಲನವಾಗಿವೆಯೋ, ಹಾಗೆಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆ ಎಂಬ ಎರಡು ಭಾವನೆಗಳಿಗೂ ಇದ್ದ ಅಂತರವನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾಯಿತು.

ಈ ಜಟಿಲವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನೆರವಾದರು. ಅವರ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಸವಾಲನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಎದುರಿಸಲಾಯಿತು. ಡಿ ಬ್ರೋಲಿ (De Broglie) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಎರಡು ಮುಖಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸರಳವಾಗಿ ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಇದು ದ್ರವ್ಯರೂಪ (matter) ವಾದ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿದೆ:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad (1\cdot4)$$

ಇಲ್ಲಿ m ಎಂಬುದು ಕಣರೂಪವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುವ ವಸ್ತುವಿನ ಜಡಾಂಶ. v ಎಂಬುದು ಚಲಿಸುವ ವೇಗ. h= ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ. ಹೀಗಾದರೆ, m ಜಡಾಂಶದ ದ್ರವ್ಯದ ಸಮಾನ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರವು λ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ರೂಪಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ h ಎಂಬ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ. ಇದರಿಂದ ಹಿಂದಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಹೊಸ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವಾಗಿ (new quantum mechanics) ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಯಿತು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರದಲ್ಲಿ ಶ್ರಮಿಸಿರುವ ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪೈಕಿ, ಡಿ ಬ್ರೋಲಿ, ಡೈರಾಕ್, ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ ಮತ್ತು ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಇವರನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ಈ ಹೊಸ ಭಾವನೆಗಳಿಂದ ನಮ್ಮ ಹಿಂದಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಹಿಂದಿನ ರೂಪರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಈ ನವೀನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ರಚನೆಯ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯು ಮಾಯವಾಗಿ ಒಂದು ಮಸುಕಿನಂತಿರುವ ಅಸ್ಪಷ್ಟ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅಸ್ಪಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಹೊಸದಾಗಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾದ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗಿನ ಅನಿಶ್ಚಿತತತ್ತ್ವ (Heisenberg's) uncertainty principle) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೊಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ ಅವಶ್ಯವಾದ ಅನಿವಾರ್ಯ ಭಾವನೆ. ಇದರ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಅಂಶವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆ (system) ಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪ್ರಮಾಣ ನಿರ್ದೇಶನಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಸೂಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ನಾವು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ನಿಖರಗೊಳಿಸುತಾ ಹೋದಲ್ಲಿ, ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಚಲನ ನಿರ್ದೇಶನದ ನಿಖರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ, ಚಲನದಲ್ಲಿ ಗಮನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ನಿಖರತ್ವವನ್ನು ವೃದ್ಧಿ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋದಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶನವೇ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅನಿಶ್ಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಅನಿಶ್ಚಿತ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನೂ ಬಂಧಿಸುವುದರಲ್ಲಿ 'h' ಎಂಬ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕವು ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಪ್ರಕೃತಿನಿಯಮವಾದರೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವೇ ತನ್ನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ಆಧ್ಯಾತ್ಮಿಕ (metaphysics) ಜ್ಞಾನದ ಕಡೆಗೆ ವಾಲುವಂತೆ ತೋರಬಹುದು. ಆದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾದ ತಳಹದಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಮ್ಮ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸುವಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಈ ತತ್ತ್ವದಿಂದ ನಮ್ಮ ಪರಮಾಣುವಿನ ಚಿತ್ರದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೂ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅವಲೋಕಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಪಥಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಹಂಚಿಕೆ (probability distribution) ಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಪ್ರಮೇಯಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಕನಿಷ್ಠ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯದ ಪಥ (lowest ground orbit) ವನ್ನು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣವು ನಿಶ್ಚಯವಾಗಿ ಇರಬಹುದಾದ ಗೋಳಾಕಾರದ ಪ್ರದೇಶದ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಹಂಚಿಕೆಯು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ, ಒಂದು ಪಥದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಭೋರ್ ಪಥಗಳನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕಂಡು ಅರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಭೇದಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಹಿಂದಿನ ತತ್ತ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದ್ದ ವ್ಯಂಗ್ಯವಾಗಿಯೂ, ಅನಿಯಂತ್ರಿತವಾಗಿಯೂ (arbitrary) ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದ ಅಸಮರ್ಪಕವಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಮಾರ್ಪಾಡುಮಾಡಿ ಹೊಸ ಅರ್ಥಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದುದಾಯಿತು. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಪ್ರಾಚೀನ ಮತ್ತು ನವೀನ (classical and modern) ಭಾವನೆಗಳಲ್ಲಿದ್ದ ಅಂತರವನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಿ ಒಂದು ಸಮಂಜಸವಾದ ಸಾಮರಸ್ಯವನ್ನು ಕಂಡಂತಾಯಿತು.

1.8 ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಬೀಜಾಂಶ

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ತಿಳಿಸಿದ ಅಂಶಗಳ ನಿರೂಪಣೆಯು 1930 ರಲ್ಲಿದ್ದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ವಿವರಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರಮುಖ ಅಂಗಗಳಿವೆಯೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಬೀಜಾಂಶ (nucleus) ವು ಒಂದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶವಿದೆ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವು ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಮಾತ್ರ ತಿಳಿಯಲಾಗಿತ್ತು. ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಾದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರಬೇಕೆಂದು ಮಾತ್ರ ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಎರಡನೆಯ ಅಂಗವು ಕೇಂದ್ರದ ಹೊರಗೆ ಇರುವ ರಚನೆ. ಈ ಕೇಂದ್ರದ ಹೊರಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ನಿರ್ದೇಶಿತ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿಯಮಬದ್ಧವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ, ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣವೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ನಿಯಮಬದ್ಧ ಆಕಾರ, ಮತ್ತು ಅಭಿಮುಖ ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ (electron configuration). ಇವುಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯದಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ಭೌತಗುಣಗಳು, ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಮತ್ತು ದೃಶ್ಯ ಮತ್ತು X— ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ರೋಹಿತಗಳ ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೂ ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿ

ಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ, ಈ ಸಮಗ್ರ ಅವಲೋಕನದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನ್, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ, ಪ್ರಧಾನ ಅಂಗವಾಗಿರುವ, ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಬೀಜಾಂಶದ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಮಾಡಿರುವ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳೆಲ್ಲವೂ 1930 ರಿಂದ ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದಿವೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಅಪಾರವಾದ ಜ್ಞಾನವು ಶೇಖರವಾಗಿದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಎಂಬ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳೂ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳೂ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿದ್ದರೂ, ಹಲವು ಹೊಸರೂಪದ ಕಣಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನವಿರಬೇಕೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳ ನಡುವೆ ಇರಬಹು ದಾದ ಬಂಧಕ ಬಲಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳು ಬಹಳ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧವಾದ ಬಲಗಳಲ್ಲದೆ ಹೊಸನಮೂನೆಯ ಬಲಗಳ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಇವುಗಳು ವಸ್ತುಗಳ ಕೃತಕ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಗಳ ಪರಿವರ್ತನೀಯತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟವೆ. ಪರಮಾಣುವಿದಲನ, ಪರಮಾಣು ಸಂಯೋಜನೆ (nuclear fission and fusion) ಗಳ ಮಾರ್ಗದಿಂದ ಅಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಮಾನವನಿಗೆ ಹಸ್ತಗತವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಸದ್ವಿನಿಯೋಗ ಮತ್ತು ದುಷ್ಪ್ರ ಯೋಗಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಮಾನವನ ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಯ ಜೊತೆಗೆ ವಿವೇಕದ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಯನ್ನು ಎತ್ತಿತೋರಿಸುತ್ತಿವೆ. ಅಂದಮೇಲೆ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಒಂದು ಮಾನವೀಯತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅವಲೋಕಿಸಬೇಕಾದ ಕಾಲವು ಒದಗಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಜ್ಞಾನದ ಶೇಖರಣೆಯನ್ನು ಮಾಡುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅದನ್ನು ಮಾನವೀ ಯತೆಯಿಂದ ಉಪಯೋಗವಾಗುವ ಮಾನವನ ಹಿತದ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿರ ಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಸಿಂಹಾವಲೋಕನದಿಂದ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಮುಖ ರೂಪ ರೇಖೆಗಳು ನಿರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ವಿವಿಧ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಆಧಾರ ದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಹೊರಗಣ ರಚನೆ ಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಜೋಡಣೆಯಿಂದ ಭೌತಗುಣಗಳೂ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳೂ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

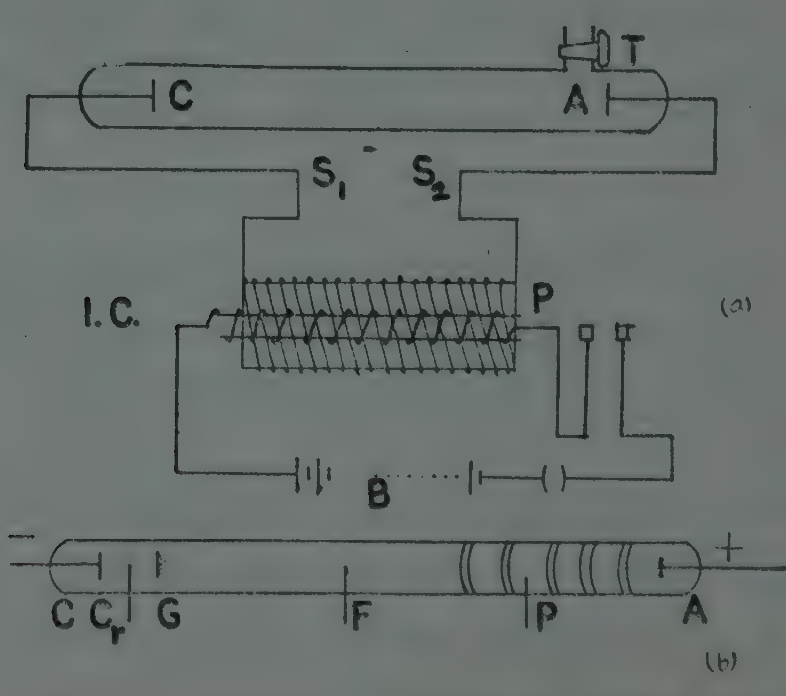
ಅಧ್ಯಾಯ 2

ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಿರಣಗಳು

2.1 ಅನಿಲಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಹನ

ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುವಾಗ ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಅನಿಲಗಳೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಹನ ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ವಿದ್ಯುದ್ವಹನ ಶಕ್ತಿಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದರ ವಿಷಯವಾಗಿ ನಡೆದ ಹಲವಾರು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಬಹಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದುವು. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು X- ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು, ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅರಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾದ ಉಪಕರಣವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುದುತ್ಸರ್ಜನನಾಳಿಕೆ (discharge tube) (ಚಿತ್ರ 2.1). ಈ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯ ಉದ್ದವು ಸುಮಾರು 30 ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿದ್ದು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲೂ ಮುಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಅನಿಲರೇಚಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ



ಚಿತ್ರ 2·1 ಉತ್ಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಹನ

ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ, ನಾಳಿಕೆಯ ಒಳಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಡಮೆಮಾಡಿ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ನಾಳಿಕೆಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ C ಮತ್ತು A ಎಂಬ ಎರಡು ಲೋಹದ ತಗಡುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವ (electrodes) ಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ S_1 ಮತ್ತು S_2 ಎಂಬ ಒಂದು ಪ್ರಬಲ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಪ್ರಚೋದಕ ಯಂತ್ರ (induction coil) ದ ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ (secondary coil) ಯ ತುದಿಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಚೋದಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ P ಮತ್ತು S ಎರಡು ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಗಳಿವೆ. P ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಕಡಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ದಪ್ಪ ತಂತಿಯ ಕೆಲವು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಸರಳಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಧಾನ ಸುರಳಿ (primary coil) ಎಂದು ಹೆಸರಿದ್ದು ಇದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ವಿಚ್ಛಿನ್ನಕ ಸಾಧನ (interruptor device) ದ ಮೂಲಕ ಕೆಲವು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶ (B) ಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಲೋಹಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದೆ ಅದನ್ನು ಆವರಿಸುವಂತೆ ಸಾವಿರಾರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಎಳೆಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ (secondary coil) ಇದೆ. ಈ ಯಂತ್ರದ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚೋದನೆ (electromagnetic induction) ಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ಪ್ರಧಾನ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (potential difference) ಕೆಲವೇ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿದ್ದರೂ, S_1 ಮತ್ತು S_2 ಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವಗಳಾದ C ಮತ್ತು A ಗಳ ನಡುವೆ 50,000 V ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ, ಅದರ ಜೊತೆಗೆ ಒಳಗಡೆ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಇಳಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗಬೇಕು. ಈ ಒತ್ತಡವು ಸುಮಾರು 1 ಸೆಂ.ಮೀ. ವರೆಗೆ ಇಳಿದ ನಂತರವೇ (ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವು 76 ಸೆಂ.ಮೀ. ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದುದೆಂದು ತಿಳಿದರೆ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣ ಅದರ $\frac{1}{100}$ ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು) ಕೆಲವು ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾದ ಘಟನೆಗಳು ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸೋಣ.

ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ತಗ್ಗಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗುವಾಗ ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವ ವಿಶೇಷ ದೃಶ್ಯಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ :

ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು 1 ಸೆಂ.ಮೀ.ನ ಸಮೀಪವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಾಗ, ನಾಳಿಕೆಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ನೇರಿಲೆ ವರ್ಣದ ಪ್ರಭೆಯ ಕಿಡಿಗಳು ಸಿಡಿಯುವುದನ್ನು ಕಾಣು

ತ್ತೀವೆ. ಅನಿಲಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಗುಣವು ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಇದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಕಡಮೆಯಾಗಿ ಒತ್ತಡವು $\frac{1}{2}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಗೆ ಇಳಿದರೆ, ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಒಂದು ಹಗ್ಗದ ಆಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯುಲ್ಲೇಖೆ (streak) ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದು A ಎಂಬ ಆನೋಡಿನಿಂದ C ಎಂಬ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಧ್ರುವದವರೆಗೆ ಹಬ್ಬುತ್ತದೆ. ಇದರ ವರ್ಣವು ಅನಿಲದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಎಳೆಗೆಂಪಾ (pink) ಗಿರಬಹುದು. ಒತ್ತಡವು ಕ್ರಮೇಣ 2 ಮಿ.ಮೀ., 1 ಮಿ.ಮೀ, 0.1 ಮಿ.ಮೀ. ಗಳಿಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತಾ ಹೋಗುವಾಗ, ರೇಖೆಯು ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನವಾಗಿ, ನಡುವೆ ಕಪ್ಪು (ಅಂದರೆ, ಜ್ಯೋತಿಹೀನವಾದ) ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.1 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ: ಋಣಧ್ರುವ C ಯ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ. ಇದಾದ ನಂತರ C ಎಂಬುದು ಕ್ರೂಕ್ ಕಪ್ಪು ಪ್ರದೇಶ (Crooke's dark space). ನಂತರ G ಎಂಬುದು ಋಣಜ್ಯೋತಿ (negative glow). ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂದೆ F ಎಂಬುದು ಫ್ಯಾರಡೆ ಕಪ್ಪು ಪ್ರದೇಶ (Faraday dark space). ತರುವಾಯ P ಎಂಬ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಧನಸ್ತಂಭ (striated positive column). ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಧನಧ್ರುವ (A) ದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಭೆ.

ಹೀಗೆ ತುಂಡುತುಂಡಾಗಿರುವ ಪ್ರಭೆಯು, ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಸುಮಾರು $\frac{1}{100}$ ಮಿ.ಮೀ. ಗೆ ಬಂದಾಗ, ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಾಯವಾಗಿ, ಇಡೀ ನಾಳಿಕೆಯು ಕಪ್ಪಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದರೊಂದಿಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ದೃಶ್ಯವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಾಳಿಕೆಯ ಗಾಜಿನ ಒಳಭಾಗದಿಂದ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ವರ್ಣರಂಜಿತ ಸ್ಫುರಣವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡದ ಮಟ್ಟವು ಒಂದು ಅಧೋಮಿತಿ (ಸುಮಾರು 0.01 ಮಿ.ಮೀ) ಯನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ, ಋಣಧ್ರುವ (C) ದಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧಾರೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಚಿಮ್ಮುವ ಜ್ಯೋತಿಯು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರ ವರ್ಣವು ಅನಿಲದ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಈ ದೃಶ್ಯವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಮುಗ್ಧಗೊಳಿಸಿತು. ಅದರ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಗೊತ್ತುಹಚ್ಚುವ ಉತ್ಸಾಹವು ಮೂಡಿತು. ಇದೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ನಾಲ್ಕನೇ ರೂಪ (ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಎಂಬ ಮೂರು ರೂಪಗಳಿಗೆ ಭಿನ್ನವಾದ) ವೇನೋ ಎಂಬ ಭ್ರಮೆಯೂ ಉಂಟಾಯಿತು. ಆದರೆ ಕ್ರುಕ್ಸ್, ಥಾಂಸನ್, ಪೆರ್ರಿನ್ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ 1897 ರಲ್ಲಿ ಆ ನವೀನ ಜ್ಯೋತಿಯ ಧಾರೆಯ ಮರ್ಮವನ್ನು ಭೇದಿಸಲಾಯಿತು.

ಕ್ಯಾಥೋಡ್‌ನಿಂದ ಹೊರಗೆಡಹಲಾದ ಆ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಯಿತು. ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಆ

ಕಿರಣಗಳು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು. ಆದುದರಿಂದ ಅದೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಯಿತು. ನಾಳಿಕೆಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದಂಡಕಾಂತದ ಉತ್ತರ ಅಥವಾ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವನ್ನು ತಂದರೆ, ಕಿರಣ ಸಮೂಹದ ನೇರವಾದ ಮಾರ್ಗವು ಬಾಗುವಂತೆ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ನಂತರ, ಆ ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ವಿರಬೇಕೆಂದು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಹಾಗೆಯೇ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ (electrical field) ವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ ಅದರ ಬಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬಾಗುವಿಕೆಯು ಗೋಚರವಾಯಿತು. ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಅವುಗಳ ಅಪಾರ ವೇಗದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಭಾವವು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಅವುಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತಡೆಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳು ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುವ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಈ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳೇ ಮುಂದಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯಗುಣಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸುವುದು ಉಪಯೋಗಕರವಾದುದು.

2.2 ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ಗುಣಗಳು

(1) ಈ ಕಿರಣಗಳು ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಅಂದರೆ ಋಣಧ್ರುವದಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ನೇರವಾಗಿ ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ. ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳಿಂದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಶಿಲುಬೆ (cross) ಯ ಆಕಾರದ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಂಧಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ನಾಳಿಕೆಯ ಒಳಭಾಗದಮೇಲೆ ಅದೇ ರೂಪದ ನೆರಳು ಕಾಣುತ್ತದೆ.

(2) ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರವಾಹದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅತಿ ಹಗುರವಾದ ಮೈಕಾ ಚಕ್ರ (mica wheel) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಕಿರಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಚಕ್ರವನ್ನು ತಿರುಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

(3) ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಧ್ರುವವನ್ನು ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿರದೆ ನಿಮ್ನ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು ಸಂಧಿಯಾಗುವ ಸಂಗಮಬಿಂದು (focus) ವಿನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹದ ತುಂಡಿನ ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಕರಗುವ ಸಂಭವವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಕಿರಣಗಳು ಅಗಾಧವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

(4) ಕೆಲವು ಹರಳುಗಳು, ಲವಣಗಳು, ಮತ್ತು ಇನ್ನು ಹಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡುವುದರ ಫಲವಾಗಿ,

ಅವುಗಳಿಂದ ಪ್ರಭೆಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಜಿಂಕ್ ಸಲ್ಫೈಡ್, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಪ್ಲಾಟಿನೋಸಯನೈಡ್ ವಸ್ತುಗಳು ಕಿರಣಗಳ ಸ್ಫುರಣಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

(5) ಅನಿಲಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ, ಆ ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳು ವಿಭಜನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಆ ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಅಂಗಗಳು (ions) ಧನ ಅಥವಾ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಅಣುವಿಭಜನಾಶಕ್ತಿಯಿಂದಲೇ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಬರುವ ದೃಶ್ಯಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಸಿಕ್ಕುತ್ತದೆ.

(6) ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯವನ್ನಾಗಿಟ್ಟರೆ, ಅದರಿಂದ X- ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಲೇ, X-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡತಕ್ಕ ಸಾಧನಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾದುವು.

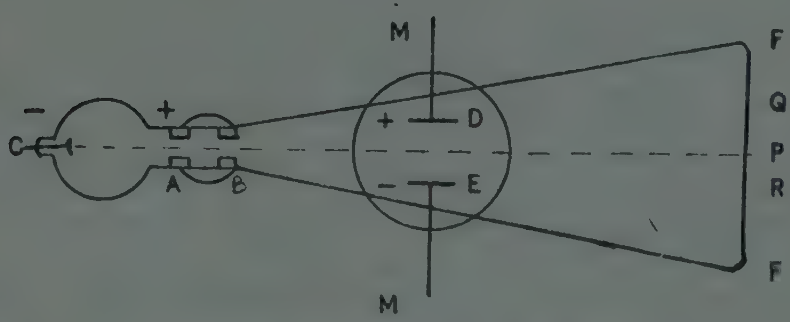
(7) ಈ ಕಿರಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಬಲಗಳ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಮಾರ್ಗ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ, ಆ ಕಿರಣಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂಬ ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಿರಣಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ (electric charge) 'e' ಮತ್ತು ಜಡಾಂಶ (mass) 'm' ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ, ಅವುಗಳ ನಿಜವಾದ ಸ್ವರೂಪವು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲ ಅಂಶಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯ.

2.3 ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ $\frac{e}{m}$ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಯೋಗ

1897 ರಲ್ಲಿ ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ, ಅದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ (specific charge) ಅಂದರೆ e/m ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಉದ್ಯುಕ್ತನಾದನು. ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಒತ್ತಡದ ಅನಿಲವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ

ಅದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸಿ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಬಲದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ದಿಕ್‌ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯುವುದೇ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯತತ್ತ್ವ. ಈಗ ಉಪಕರಣದ ಜೋಡಣೆಯ ಸರಣಿಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.2 ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 2·2 ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಯೋಗ

S ಎಂಬುದು ಗೋಳಾಕಾರದ ನಾಳಿಕೆ. ಇದನ್ನು ನಿರನಿಲವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ C ಎಂಬ ಋಣವಿದ್ಯುತ್‌ಧ್ರುವವು ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿಂದ ನೇರವಾಗಿ, ಹೊರಸೂಸುವ ಕಿರಣಗಳು A ಎಂಬ ಧನಧ್ರುವದಕಡೆಗೆ ಧಾವಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಧ್ರುವವನ್ನು ಸಂಪರ್ಕ ಮಾಡುವ B ಎಂಬ ಲೋಹದ ತುಂಡು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಎರಡು ತುಂಡುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಎಳೆಯನೇರದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆ. C ಇಂದ A ವರೆಗೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳು ವೇಗವೃದ್ಧಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ನಂತರ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೇಗದಿಂದ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಪ್ರತಿಬಂಧಕಗಳಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ನಾಳಿಕೆಯ ಹಿಂಭಾಗದ F ಎಂಬ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದರ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣವಸ್ತುವಿನ ಲೇಪವಿರುವುದರಿಂದ, ಕಿರಣಗಳು ಅಧಿಪತಿತವಾಗುವ ಬಿಂದುವಿನ ಪ್ರದೇಶ P ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಕಾಶದ ಚುಕ್ಕೆಯು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮೊದಲು ಗುರುತುಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ನಂತರ, ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಸಾರಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 2.2 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ D ಮತ್ತು E ಗಳು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ (horizontal) ಎರಡು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಗಳು. ಇವುಗಳನ್ನು ಅತಿಹೆಚ್ಚಾದ ವೋಲ್ಟೇಜಿನ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ (potential difference) ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದಿಸಿರಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ E ಮತ್ತು D ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಬಲವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು (X) ಏರ್ಪಟ್ಟು, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಹಾಯುವ ಕಿರಣಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, D ಯಕಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ದಿಕ್‌ಪಲ್ಲಟವು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿದ್ದು, ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗವು ಬದಲಾಗಿ, ಕೊನೆಗೆ, ಸ್ಫುರಣತೆರೆಯ ಭಾಗದ

ಮೇಲೆ, Q ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿ, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಚುಕ್ಕೆಯು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದಿಂದ, ಕಿರಣಗಳ ಸ್ಥಾನವು P ಯಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಇರುವ Q ಬಿಂದುವಿಗೆ ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಇದಾದಮೇಲೆ, ಕಿರಣಗಳು ಹಾಯುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, D ಮತ್ತು E ತಟ್ಟೆಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (H) ವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ MM ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತವನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ — ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (H) ದ ದಿಕ್ಕು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆಲಂಬದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಏರ್ಪಡಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಇದು ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರಕ್ಕೂ, ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರ (X) ದ ದಿಕ್ಕಿಗೂ ಲಂಬವಾಗಿರಬೇಕು. ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಕಿರಣಗಳು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ ಬಾಗಿ, ಅಂತಿಮವಾಗಿ FF ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ R ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟವು PR ಆಗಿ, PQ ಗೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಈ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು PR = y ಎಂದು ಸೂಚಿಸ ಬಹುದು. ಇದನ್ನೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಬೇಕು.

ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂರನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ (X) ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪಲ್ಲಟ ಪ್ರಮಾಣ x ಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವಂತೆ H ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, PQ = X = PR = y ಎಂದು ಮಾಡಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ, X ಮತ್ತು H ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಕಿರಣಗಳ ಮೊತ್ತ ಪಲ್ಲಟವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿ, ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಲ್ಲದ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ P ಬಿಂದುವೇ ಮತ್ತೆ ಅಂತಿಮಬಿಂದುವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದು ಪ್ರಯೋಗದ ವಿವರಣೆಯಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿವಿಧ ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬೇಕು. ಇವುಗಳ ಅಂತಿಮ ಫಲಿತಾಂಶ ಮಾತ್ರ ಈಗ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

e = ಕಿರಣಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ

v = ಕಿರಣಗಳ ವೇಗ

H = ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣ

X = ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣ

PQ = x = X ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಪಲ್ಲಟದ ಪ್ರಮಾಣ

PR = y = H ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಪಲ್ಲಟದ ಪ್ರಮಾಣ

l = X ಮತ್ತು H ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶದ

ಉದ್ದ

ಈ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ, ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು.

$$PQ = x = \frac{1}{2} K \left(\frac{Xe}{m}\right) \left(\frac{l}{v}\right)^2 \quad (2\cdot1)$$

$$PR = y = \frac{1}{2} K \left(\frac{He}{m}\right) \frac{l^2}{v} \quad (2\cdot2)$$

ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ $x = y$ ಆಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ,

$$v = \frac{X}{H} \quad (2\cdot3)$$

ಈ ಮೂರು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$\frac{e}{m} = \frac{2.\ x.\ X}{K.\ l^3.H^2} \quad (2\cdot4)$$

ಇಲ್ಲಿ K ಎಂಬ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದ ಜೋಡಣೆಯ ರೇಖಾ ನಿರೂಪಣೆ (geometry of the apparatus) ಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಥಾಂಸನ್ ಮಾಡಿದ ವಿಶೇಷ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಂದ

$$\frac{e}{m} = 1\cdot7 \times 10^7 \text{ e.m.u.} \quad \text{(ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಮಾನಗಳು)} \quad (2.5)$$

ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳ ವೇಗ (v) ವು ಸುಮಾರು 3×10^9 ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್ ಅಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ $\frac{1}{10}$ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟಿದ್ದಿತು.

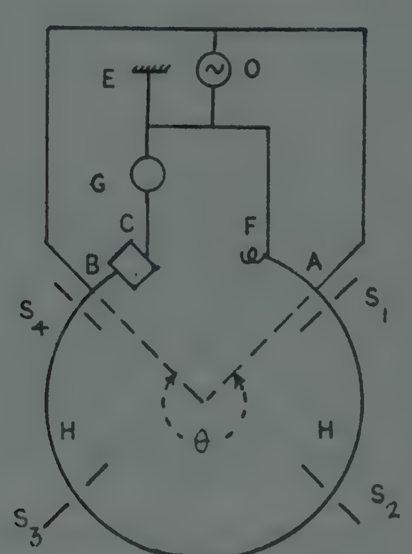
ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ :— ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಅನಿಲವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೂ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವವು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನದೇ ಆಗಿರಲಿ, $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಕಂಡುಬರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಕಿರಣಗಳೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಕಿರಣಗಳನ್ನು "ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹ" (streams of negative corpuscles) ವೆಂದು ಕರೆದನಾದರೂ, ಜಾನ್‌ಸ್ಟೋನಿ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ವಿಭಜನೆ (electrolysis) ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯೂ ಕೂಡ ಪರಮಾಣು ರೂಪ (atomic nature) ವನ್ನೇ ಹೊಂದಿದೆ ಯೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಆ ಕಣಗಳಿಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟನು. ಹಲವಾರ

ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪಾತ್ರವು ಸರ್ವತೋಮುಖವಾಗಿರುವುದಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಒಂದು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಲೇಬೇಕಾದ ಕಣವಾಗಿರುವ ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಥಾಂಸನ್ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳೂ ಕೂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಲ್ಪಡಬೇಕೆಂಬ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ $\frac{e}{m}$ ಮಾತ್ರ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟದ್ದರಿಂದ 'e' ಮತ್ತು 'm' ಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೌಲ್ಯಗಳು ನಿರ್ಧಾರವಾಗದೆ ಕಿರಣಗಳ ನಿಜವಾದ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವು ಹೊರಬೀಳುವುದಿಲ್ಲ. 'e' ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳಿಯಲು ಮಿಲಿಕನ್ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದ ಚರಿತ್ರಾರ್ಹವಾದ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅತಿನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದ ಡನ್ನಿಂಗ್‌ಟನ್ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವಿವರ್ಶಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿದೆ.

2.4 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಡನ್ನಿಂಗ್‌ಟನ್ ವಿಧಾನ



ಚಿತ್ರ 2·3 $\frac{e}{m}$ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಡನ್ನಿಂಗ್‌ಟನ್ ಪ್ರಯೋಗವಿಧಾನ

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳು ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ವಿಕಿರಣ (thermionic emission) ದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದುವು. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರೊಳಗಿರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ಹೊರತೆಗೆದು ಒಳಗಿರುವ ಅನಿಲಶೂನ್ಯ (vacuum)

ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತು (filament) ವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದರ ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕ ಮಾಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ತಂತುವಿನ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಿದರೆ, ಆ ತಂತುವು ತಾಪದ ಏರುವಿಕೆಯಿಂದ ಕಡುಗೆಂಪಾ (red-hot) ಗುತ್ತದೆ. ಈ ಶಾಖದ ದೆಸೆಯಿಂದ, ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಕಿರಣಗಳು ತಂತುವಿನಿಂದ ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದೇ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದೇ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು (ಆನೋಡ್) ಇಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಧನಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಿದರೆ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳು ಋಣವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ತಟ್ಟೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೊರಡಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಅದೇ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಅಲುಗಾಡುತ್ತಿರುವ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿಸಿದರೆ (high frequency alternating potential) ಆ ತಟ್ಟೆಯು ಒಂದೊಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ತಲಪುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಅದನ್ನು ದಾಟುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವಾಗುವುದರಿಂದ ಈ ಉಪಕರಣವು ಒಂದು ಕವಾಟ (valve) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ನಿಸ್ತಂತು ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರ (wireless transmission) ದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕವಾಟ (thermionic valve) ಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಚಿತ್ರ 2.3 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಉಪಕರಣದ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಉಪಕರಣವನ್ನು ಒಂದು ಅನಿಲಶೂನ್ಯವಾದ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ F ಲೋಹದ ತಂತುವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದರಿಂದ ಆ ತಂತುವಿನ ತಾಪದ ಮಟ್ಟವು ಏರಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಹೇರಳವಾಗಿ ಹೊರಸೂಸುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. O ಎಂಬುದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ (ಸುಮಾರು 10 ಲಕ್ಷ) ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವ ಕವಾಟ ಆಂದೋಲಕ (valve oscillator). ಇದರಲ್ಲಿ ಬೆಣಚುಕಲ್ಲು ಹರಳಿನ ನಿಯಂತ್ರಣ (quartz crystal control) ದಿಂದ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಆಂದೋಲಕದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಆಂದೋಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (oscillating electric potential) ಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟು F ನಿಂದ ಹೊರಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದಿ A ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವದ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ವಾಯುಶೂನ್ಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ತಲಪುತ್ತವೆ. ಈ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅತಿಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.3

ರಲ್ಲಿ H ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಆ ಕಣಗಳು, S_1, S_2, S_3 ಮತ್ತು S_4 ಎಂದು ತೋರಿಸಲಾಗಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. A ನಿಂದ ಹೊರಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಈ ವರ್ತುಲ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವೇಗ (v) ದಿಂದ ಸಂಚಾರಮಾಡಿ B ಎಂಬ ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪುತ್ತವೆ. ವೃತ್ತದ ಕೇಂದ್ರವು X ಆಗಿದ್ದರೆ, ಕಣಗಳ ಕೋನಮಾಪಿತ ಪಲ್ಲಟವು $A \times B = \theta$ ಆಗುತ್ತದೆ. B ಧ್ರುವದಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು C ಎಂಬ ಲೋಹ ಸಂಚಯ (collecting metal cylinder) ದಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟು G ಉಪಕರಣ (galvanometer) ದಿಂದ ಅಳೆಯಲ್ಪಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

A ಮತ್ತು B ಧ್ರುವಗಳು ಅದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲಕ O ಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಟ್ಟ (potential) ಗಳು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (magnetic field) ದ H ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗಿ ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ, B ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಲ್ಲಿ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗದಂತೆ ಮಾಡುವ ಸಂಭವವು ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಆದಾಗ C ಸಂಚಯದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುವ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಪ್ರವಾಹವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ (galvanometer) (G) ದ ಸೂಚನೆ (reading) ಯು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು A ಧ್ರುವದಿಂದ ಹೊರಟು B ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪುವ ಕಾಲಾವಕಾಶವು ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲಕ O ದ ಆವರ್ತಕಾಲಕ್ಕೆ ಅರ್ಧವಾಗಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ (half a cycle) ವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪೂರ್ತಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾದ ಅಳತೆ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ:

ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣ $= H$

ಕಣಗಳು ಚಲಿಸುವ ಕೋನಮಾಪಕ ಪ್ರಮಾಣ— $(A \times B) = \theta$

O ಆಂದೋಲಕದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ $= n$

ಹೀಗಾದರೆ,

$$\frac{e}{m} = \frac{2 n \theta}{H} \qquad (2{\cdot}6)$$

ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯವು ತಿಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ

ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಅತಿಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದಲೂ, ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯಿಂದಲೂ ಮಾಡಿದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, $\frac{e}{m}$ ದರ ಮೌಲ್ಯದ ನಿಖರತೆಯನ್ನು ·0.02% ವರೆಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು

$$1 \cdot 7598 \times 10^7 \text{ e. m. u. } \left(= \frac{e}{m}\right) \qquad (2.7)$$

ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಈಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು e ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಅವುಗಳ ಜಡಾಂಶವು m ಆದರೆ $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯವು ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತಾದಂತಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಅವುಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೌಲ್ಯಗಳು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ವಿದ್ಯುದಂಶ e ನಿರ್ಧಾರವಾಗಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಲ್ಸನ್ ಮತ್ತು ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ತೋರಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಅದರಲ್ಲಿಯೂ, ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗವು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಚರಿತ್ರಾರ್ಹವಾದ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕಾದುದು ಆವಶ್ಯಕ. ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ 1913 ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶ e ಯನ್ನು ನೇರವಾದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

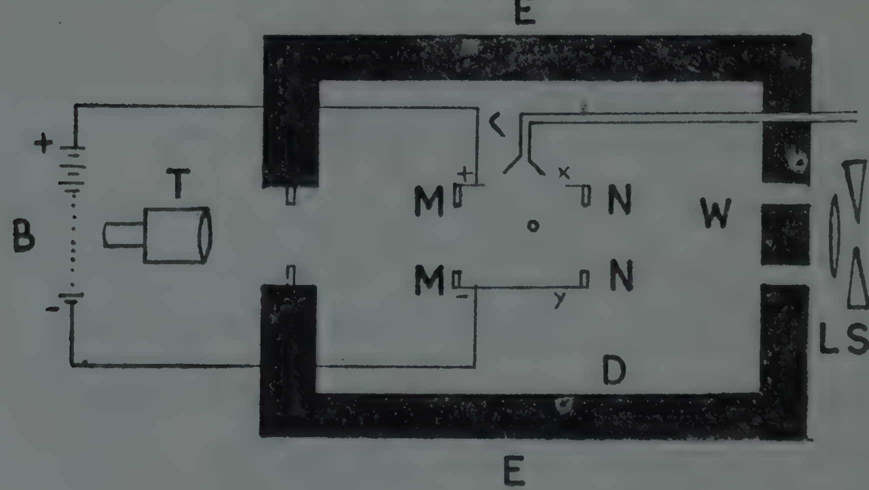
2.5 ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ತೈಲಬಿಂದು ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನ

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮೂಲತತ್ತ್ವದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡರೆ ಪ್ರಯೋಗವಿಧಾನದ ರೂಪರೇಖೆಗಳು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತವೆ.

ಹೆಸರೇ ಸೂಚಿಸುವಂತೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ತೈಲದ್ರವವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನುಒಂದು ತುಂತುರು ಸಾಧನ (atomiser) ದಿಂದ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತುಂತುರುಗಳಾಗಿ ವಿಭಜನೆ ಮಾಡಿ, ಈ ತುಂತುರುಗಳು ಒಂದು ಆಚ್ಛಾದಿತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ತುಂತುರುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ, ಮತ್ತೊಂದು ವೀಕ್ಷಣ ಆವರಣ (observation chamber) ದಲ್ಲಿ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ಇಳಿಯುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಆವರಣದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು X-ಕಿರಣ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಕೆಲಸಮಾಡಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ವಿಭಜನೆಯಾಗಿ (ionisation) ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣ (ions) ಗಳು ಹೇರಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ತೈಲ ತುಂತುರುಗಳು ಋಣ ಅಥವಾ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಹೊಂದಿರುವ

ಕಣಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ತುಂತುರುಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಹೇರಿದಂತಾಗಿ, ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಹಿತ ತುಂತುರುಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲದ ನೇರವು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲ (ತೂಕ) ದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆ ತುಂತುರುಗಳು ಯಾವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೋ ಆ ನೇರದಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಎರಡು ವಿರೋಧ ಬಲಗಳೂ (ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ) ಸಮನಾದರೆ, ತುಂತುರು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲವಾದ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಆ ತುಂತುರನ್ನು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ನಕ್ಷತ್ರದಂತೆ ತೋರುವ ತೈಲ ತುಂತುರಿನ ದೃಶ್ಯವು ಭವ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತಾದರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ, ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಕ್‌ಪಥದಲ್ಲಿ (field of view) ತೈಲ ತುಂತುರನ್ನು ನಮಗೆ ಬೇಕಾದಹಾಗೆ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತ ನರ್ತನಮಾಡುವಂತೆ ತೋರಿಸುವ ದೃಶ್ಯವು ಇನ್ನೂ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಿವಿಧ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಬಿಡಿ ತೈಲ ತುಂತುರಿನ ಚಲನ ವಲನ ವೀಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಅದರ ವೇಗವನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಅಳೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಈ ತತ್ತ್ವದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನದ ವಿವರಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವುವು. ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯು ಚಿತ್ರ 2.4 ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 2·4 ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಉಪಕರಣ

ಚಿತ್ರದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ C ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಆವರಣವೇ ಮುಖ್ಯ ವೀಕ್ಷಣ ಪ್ರದೇಶ. ಇದರ ಎರಡುಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ X ಮತ್ತು Y ಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಸಮಾನಾಂತರ

ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳ ವ್ಯಾಸವು ಸುಮಾರು 20 ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದು ಅಂತರವು 1.6 ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದಿತು. ಇವುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ದೃಗ್ವಿಜ್ಞಾನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸಂಪೂರ್ಣಸಮತಲದ್ದಾಗಿರಬೇಕು (optically plane). ಇವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆಮಾಡಲು MM ಮತ್ತು NN ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ (insulating) ವಾದ ಗಾಜು ಅಥವಾ ಎಬನೈಟ್ ಸ್ತಂಭಗಳ ಆಸರೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಮಧ್ಯಭಾಗದ ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ವೀಕ್ಷಣ ಆವರಣ (C) ದ ಸುತ್ತ ದೊಡ್ಡ ಆವರಣ (D) ವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ ಇದನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಹೊರ ಆವರಣ (E) ದಿಂದ ಸುತ್ತುಗಟ್ಟಲಾಗಿದೆ. ಹೊರಗಣ ಆವರಣ (E) ದಲ್ಲಿ ನಿಯತ ತಾಪದಲ್ಲಿರುವ ಎಣ್ಣೆಯ ಪಾತ್ರೆಸಲಕರಣೆ (oil bath). X ಮತ್ತು Y ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು B ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಬೃಹತ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ (battery) ದ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (potential difference) ವನ್ನು 10,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವರೆಗೂ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಅವಕಾಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿತ್ತು. A ಎಂಬುದು ಭಾರ ತೈಲದ ತುಂತುರುಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ತುಂತುರುಸಾಧನ (atomiser). ಮೇಲಿನತಟ್ಟೆ (X) ಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ತೈಲ ತುಂತುರುಗಳಾಗಿ ಬಿಡಿಬಿಡಿಯಾಗಿ ವೀಕ್ಷಣಮಂದಿರ (observation chamber) ವನ್ನು ತಲಪಿ ಅಲ್ಲಿ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಇಳಿಯಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಈ ತುಂತುರುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು T ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ದೂರದರ್ಶಕ (telescope) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿತ್ತು. ತುಂತುರುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಬಲಗಡೆ ತೋರಿಸಿರುವ S ಎಂಬ ಅತಿಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲದಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕು L ಎಂಬ ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು, (W) ನೀರಿನ ಪಾತ್ರೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ತನ್ನ ಶಾಖವನ್ನೆಲ್ಲಾ ಅದಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟು ಬೆಳಕು ಮಾತ್ರ ತುಂತುರಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿತ್ತು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿಯೇ ತುಂತುರುರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಬಿಂದುಗಳಿಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಅಂಟಿಕೊಂಡಿದ್ದರೂ, ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು X-ಕಿರಣ ಯಂತ್ರದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ X-ಕಿರಣಗಳು (ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಲ್ಲ) ವೀಕ್ಷಣಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆಯನ್ನು ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ, ಹೇರಳವಾಗಿ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಹಲವು ತುಂತುರುಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಯೂ, ಒಂದೇ ತುಂತುರುವಿನ ವೀಕ್ಷಣೆಯೂ ಕೂಡ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ತುಂತುರನ್ನು ಹಲವಾರು ಘಂಟೆಗಳ ಕಾಲ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ (balanced drop) ಯಾಗಲಿ ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ X ತಟ್ಟೆಯ

ಮುಖವಾಗಿಯಾಗಲಿ, ಕೆಳಗಿನತಟ್ಟೆ Y ಕಡೆಗಾಗಲಿ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗಗಳಿಂದ ಚಲನ ಮಾಡುವುದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವೇಗಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸಾವಿರಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಂಗ್ರಹಿಸ ಲಾಯಿತು. ಇದೇ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೆನ್ನಬಹುದು. ಇನ್ನು ಈ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶ (e) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಮೀ ಕರಣದ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಯ ಮೂಲ ಅಂಗಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

(i) ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡದೆ ಅದರ ಬಲದ ಪ್ರಭಾವ ವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ ತೈಲ ತುಂತುರಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸತಕ್ಕ ಬಲ ಗಳು ಎರಡು : ಅಧೋಮುಖವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಉಂಟಾ ಗುವ ತೂಕ (mg). ಇದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಊರ್ಧ್ವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ X ಕಡೆಗೆ) ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಅನಿಲದ ಶ್ಯಾನತೆ (viscosity of the gas) ಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲ. ಇದಲ್ಲದೆ ಅನಿಲದ ಉತ್ಪ್ಲವನ (buoyancy) ದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಸ್ಟೋಕ್ಸ್ ಸೂತ್ರ (Stoke's) formula) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ತುಂತುರನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಗೋಳಾಕಾರದ ವಸ್ತುವೆಂದು ಗಣಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ತುಂತು ರಿನ ಜಡಾಂಶ 'm' ಅನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿ) ದಂತೆ ಬರುತ್ತದೆ :

$$m = \frac{4}{3}\pi \left[\frac{9}{2}\ \frac{\eta v_{\circ}}{(\rho-\sigma)\, g}\right]^{\frac{3}{2}} \cdot \rho \qquad (2.7)$$

ಇಲ್ಲಿ $v_{\circ}$ ಎಂಬುದು ತುಂತುರಿನ ಅಂತಿಮವೇಗ (terminal velocity). ಇದನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲಾಯಿತು.

ρ = ತುಂತುರಿನ ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆ.

σ = ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ.

η = ಅನಿಲದ ಶ್ಯಾನತೆಯ ಗುಣಾಂಕ (coefficient of viscosity)

g = ಗುರುತ್ವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ.

(ii) X ಮತ್ತು Y ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸುವುದ ರಿಂದ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಹಾಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು.

(ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು x ಆದರೆ, ಇದು ಎರಡು ತಟ್ಟೆಗಳ ನಡುವೆ ಕಲ್ಪಿ ಸುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ವಿದ್ಯುನ್ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದು V

ಆದರೆ, $X = \frac{V}{d}$; d= ಎರಡು ತಟ್ಟೆಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ)

ಒಂದು ತುಂತುರಿನ ಮೇಲೆ ಹಲವಾರು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳ ಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಚಲನವೇಗವು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಋಣ ಅಥವಾ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಸೇರಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ತುಂತುರಿನ ವೇಗವು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಮೇಲ್ಗಡೆಯಾಗಲಿ, ಕೆಳಗಡೆಯಾಗಲಿ ಇರಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಸಾವಿರಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಅನುಭವದಿಂದ ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡನು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮಟ್ಟ (electric intensity X) ವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ತುಂತುರಿನ ವೇಗವು v_1 ಇಂದ v_1' ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ.

v_1 ವೇಗಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿ e_n ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವಾಗಿಯೂ

v_1' ವೇಗಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿ e_n' ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$(e_n' - e_n) = \frac{mg}{xv_0} (v_1' - v_1) \qquad (2.8)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವು ನಿಷ್ಪನ್ನವಾಯಿತು.

ಇಲ್ಲಿ m, g, x, v_0 ಗಳು ನಿಯತಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ,

$(e_n' - e_n) = K (v_1' - v_1)$ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

$$\text{ಇಲ್ಲಿ } K = \frac{mg}{xv_0} \qquad (2.9)$$

ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವದಿಂದಲೂ, ಅತೀವ ತಾಳ್ಮೆಯಿಂದಲೂ, ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲದಿಂದ, ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ $(v_1' - v_1)$ ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿದನು.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಋಣಮೌಲ್ಯಗಳಾಗಿಯೂ ಕೆಲವು ಧನಮೌಲ್ಯಗಳಾಗಿಯೂ ಇದ್ದುವು. ಆದರೂ, ಅವನು ಮಾಡಿದ ಸಹಸ್ರಾರು ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಒಂದು ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಅದೇನೆಂದರೆ, ಈ $(v_1' - v_1)$ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗುಣಲಬ್ಧ (integral multiples of a smallest value) ಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು $(v_1' - v_1)_{min}$ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$(e_n' - e_n)_{min} = K(v_1' - v_1)_{min}$$
$$= \frac{mg}{xv_0}(v_1' - v_1)_{min}$$
$$= e \qquad (2\cdot10)$$

ಇದರ ಮಹತ್ತ್ವವಾದ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ, ತುಂತುರುಗಳು ಪಡೆಯುತಕ್ಕ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನು ಪೂರ್ಣಾಂಕ (1, 2, 3, ...) ಗಳಿಂದ ಗುಣಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು. ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೇ ನಾವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂದು ಹೆಸರಿಡುತ್ತೇವೆ. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪರಮಾಣು ಸ್ವರೂಪವು (atomicity of electricity) ಇದರಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಆವರಣವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡನು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿ, ಜಲಜನಕ ಮುಂತಾದ ಅನಿಲಗಳಿದ್ದುವು. ಅವುಗಳ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ತುಂತುರುಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ದ್ರವಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ, ಎಣ್ಣೆ, ಗ್ಲಿಸರೀನ್, ಪಾದರಸ ಮುಂತಾಗಿ ಹಲವಾರು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದನು.

ಇಷ್ಟು ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ವೈವಿಧ್ಯಪೂರಿತ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಸಹಸ್ರಾರು ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಯೂ 'e' ಯ ಏಕೈಕ ಮೌಲ್ಯವು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು.

$$e = 4.774 \times 10^{-10} \text{ e.s.u.} \quad [\text{ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ}]$$
$$= 1\cdot59 \times 10^{-20} \text{ e.m.u.} \quad [\text{ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಮಾನ}]$$

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ನಡೆಸಿದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾದ ಮೌಲ್ಯವು ಇದಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾಗಿಯೇ ಇದೆ.

$$e = 1\cdot6012 \times 10^{-20} \text{ e.m.u.} \qquad (2\cdot11)$$

ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾಗಿರುವ ಹಲವಾರು ಮೂಲಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಮಾಡಿದ ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಕೌಶಲದಲ್ಲಿಯೂ ಶುದ್ಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವದ ಅತ್ಯುನ್ನತ ಮಟ್ಟದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಅಗ್ರಸ್ಥಾನವನ್ನು ಪಡೆದು ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ ಹೊಂದಿದೆ.

2.6 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಮತ್ತು ಜಡಾಂಶಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು (Charge and mass of the electron)

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ 'e' ಮತ್ತು 'm' ಗಳನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ.

$$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-20} \text{ e.m.u.}$$

$$\frac{e}{m} = 1{\cdot}76 \times 10^{7} \text{ e.m.u.}$$

$$\therefore m = \frac{e}{e/m} = \frac{1.6 \times 10^{-20}}{1.76 \times 10^{7}} = 9.1 \times 10^{-28} \text{ ಗ್ರಾಂ} \quad (2.12)$$

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ತೂಕ (m) ವು ಎಲ್ಲ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅದರ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಅದರ ಜಡಾಂಶವೂ ಕೂಡ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸೂತ್ರದ (Einstein's theory of relativity) ಪ್ರಕಾರ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇದ್ದರೂ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ (c) ವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುವುದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅದರ ಜಡಾಂಶವು m_o ಆಗಿದ್ದರೆ $m_o = 9.1 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅದು v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವಾಗ ಜಡಾಂಶವು m_v ಆದರೆ

$$m_v = \frac{m_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (2.13)$$

ಇಲ್ಲಿ c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ $= 3 \times 10^{10}$ ಸೆಂ.ಮೀ./ ಸೆಕೆಂಡ್ ಈ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ವೇಗ (v) ವು c ಕಡೆಗೆ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋದರೆ $m \to \infty$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಸಣ್ಣ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಡಾಂಶ (m) ವು ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

M ಎಂಬುದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜಡಾಂಶವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು 1.008 ಮತ್ತು ಅವೊಗಾಡ್ರೋ ಸಂಖ್ಯೆ (Avogadro's number) $N = 6.03 \times 10^{23}$ ಎಂಬವು ಗೊತ್ತಾದ ವಿಷಯಗಳು.

ಅಂದರೆ 6.03×10^{23} ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕ = 1.008 ಗ್ರಾಂ ಆಯಿತು.

∴ 1 ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜಡಾಂಶ (M)

$$= \frac{1.008}{6.03 \times 10^{23}} \text{ ಗ್ರಾಂ}$$

$$= 1.67 \times 16^{-24} \text{ ಗ್ರಾಂ} \quad (2{\cdot}14)$$

ನಮ್ಮ ಹಿಂದಿನ ಭಾವನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಜಲಜನಕವು ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರ ವಸ್ತು, ಅದರ ಪರಮಾಣುವೂ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಜಡಾಂಶವುಳ್ಳ ಕಣ – ಎಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿತ್ತು. ಅಂದರೆ ಆ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಜಡಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು

$$M = 1.67 \times 10^{-24}$$ ಗ್ರಾಂ ಆಯಿತು.

ಈ ಶತಮಾನದ ಆದಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲದಿಂದ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ :

$$m = 9.1 \times 10^{-28}$$ ಗ್ರಾಂ.

ಇದನ್ನು 'M'ಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ

$$\frac{M}{m} = \frac{1.67 \times 10^{-24}}{9.1 \times 10^{-28}} = 1835 \text{ ಆಗುತ್ತದೆ} \qquad (2.15)$$

ಇದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜಡಾಂಶದ $\frac{1}{1835}$ ಭಾಗವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಜಡಾಂಶಕ್ಕೆ ಇದ್ದ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಸ್ಥಾನವು ಈಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಲ್ಲಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಅದರ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವೂ ಕೂಡ ಅವಿಭಾಜ್ಯವೆಂಬ ಅಂಶವು ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಿರುವ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠವೂ, ಅವಿಭಾಜ್ಯವೂ ಆದ ಜಡಾಂಶವನ್ನೂ ಹಾಗೆಯೇ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಕಣವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ರಚಿಸಿರುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮಾನವನ್ನೂ ಕೂಡ ಸೂಚಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾದುದು.

ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು 'e' ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿ, 1 ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಫಲವಾಗಿ ಅದರ ವೇಗವು v ಆದರೆ, ಅದರ ಜಡಾಂಶವು m ಗ್ರಾಂ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$E = \frac{1}{2} m v^2 = eV$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ (2.16)

$e = 4.8 \times 10^{-10}$ e. s. u. ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು

$m = 9.1 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ

$V = 1$ ವೋಲ್ಟ್ $= \frac{1}{300}$ e. s. u. ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

ಒಂದು ವೋಲ್ಟ್‌ನಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗೆ 1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಆಗುತ್ತದೆ (1 eV). ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು

$$E = \frac{4.8 \times 10^{-10}}{300} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್ ಆಗುತ್ತದೆ.} \quad (2.17)$$

ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಶಕ್ತಿಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ $1 \text{ e V} = 1.6 \times 10^{-12}$ ಎರ್ಗ್ (2.18)

1 ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗೆ 1 MeV ಎಂದು ಹೆಸರು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$1 \text{ MeV} = 1 \cdot 6 \times 10^{-12} \times 10^{6}$$
$$= 1.6 \times 10^{-6} \text{ ಎರ್ಗ್} \quad (2 \cdot 19)$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದಲೇ, 1 eV ಗೆ ಸಮಾನವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವೇಗ ಎಷ್ಟೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

$$\tfrac{1}{2} mv^2 = 1 \cdot 6 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್}$$
$$m = 9 \cdot 1 \times 10^{-28} \text{ ಗ್ರಾಂ}$$
$$\therefore \quad v^2 = \left[\frac{2 \times 1 \cdot 6 \times 10^{-12}}{9 \cdot 1 \times 10^{-28}}\right]$$
$$v = 0 \cdot 59 \times 10^{8} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್} \quad (2 \cdot 20)$$

2.7 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು
(Various forms of electrons)

ಈ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ದೃಷ್ಟಿಗಳಿಂದ ನಡೆದಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಅಂಶವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಇದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯದಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಮಹತ್ತ್ವದ ಸ್ಥಾನ. ಯಾವ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದು ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದರ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಜಡಾಂಶ ಮತ್ತು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬ ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಮುಖ್ಯವಾದುವುಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಲಾಗಿದೆ.

1. ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡುದು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆ (discharge tube) ಯಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ (ಋಣ) ಧ್ರುವದಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ.
2. ವಿದ್ಯುತ್ ಬುರುಡೆ (electric bulb) ಯ ಮಾದರಿಯ ನಿರ್ವಾತ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನು ಉಂಟುಮಾಡಿದರೆ ಆ ತಂತಿಯು

ಕಡುಗೆಂಪಾಗಿ (red-hot) ಹೆಚ್ಚುತಾಪದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳೂ ಕೂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆಂದು ದೃಢಪಟ್ಟದೆ. ಇದನ್ನು ಉಷ್ಣ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ವಿಕಿರಣ (thermionic emission) ದ ಕ್ರಿಯೆಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿ, ನಿಸ್ತಂತು ಪ್ರಸಾರ (wireless transmission) ದಲ್ಲಿ ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕವಾಟಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ.

3. ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ (radioactivity) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ β-ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿರುವ ಕಿರಣಗಳೂ ಕೂಡ ಅತಿವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದೇ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

4. ಕೆಲವು ಲೋಹಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ X-ಕಿರಣಗಳು, ಅತಿನೀಲ ಅಥವಾ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಅಧಿಪತಿತವಾದರೆ, ಆ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ (photoelectric effect) ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು ಕೂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೇ ಆಗಿವೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

5. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾದ ಮಹತ್ತ್ವದ ಸ್ಥಾನವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಎಲ್ಲ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತವೆಂದು ನಿರ್ಧರಿತವಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಚಲನವಲನಗಳಿಂದಲೆ ವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು, ಭೌತಗುಣಗಳು ಮತ್ತು ಕಾಂತತ್ವದ ಲಕ್ಷಣಗಳೂ ಕೂಡ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ.

ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಕಣವಾಗಿದ್ದುಕೊಂಡು ಈಗ ನಾವು ವಾಸಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಲವೂ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಯುಗವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ.

2.8 ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು (Positive rays)

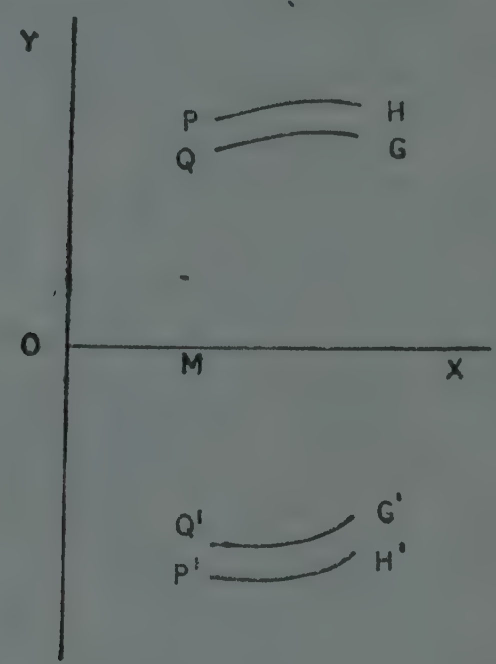
ಮೊದಲನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಈ ಕಣಗಳ ಪ್ರಸ್ತಾವವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅತ್ಯಲ್ಪಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡದ ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನುಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳೂ, ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳೂ ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಚಲನವಮಾಡುತ್ತಿರುವುದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿಭಜನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಣಗಳೇ ಈ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣಗಳು (ions). ಪರಮಾಣುವು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬೇರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಉಳಿಯುವ ಅಂಗವು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿಯೇ ಇರಬೇಕು. ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಬೇರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳಿರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಉಳಿಯುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ಅಂಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಧನವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ವಿಭಜಿತವಾದ ಎರಡು ಅಂಗಗಳೂ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅವುಗಳು ವೇಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತೂಕವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಇಡೀ ತೂಕವನ್ನೇ ಧನವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣ (positive ion) ವು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಅದರ ವೇಗವೂ ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬೇರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಉಳಿಯುವುದು ಜಲಜನಕದ ಅಯಾನ್ (hydrogen ion) ಆಗಿ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇವನ್ನು H^+ ಎಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆಯೇ Na^+ ಎಂದರೆ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣು, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನದ ಸೋಡಿಯಂ ಅಯಾನ್ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣ (ionisation) ದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ಕಣಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಣಗಳೂ ಕೂಡ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಾಗುವುದರಿಂದ, ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ $\frac{e}{M}$ ಯ (e = ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ, M = ಜಡಾಂಶ) ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಗಮನ ಮಾರ್ಗವೂ, ಬಾಗುವಿಕೆಯೂ ದಿಕ್ಕೂ, ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಮಾರ್ಗ ಮತ್ತು ಬಾಗುವಿಕೆಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತವಾದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಗೋಳಾಕಾರದ ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ,

ಧನವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಕ್ಯಾಥೋಡ್‌ನಲ್ಲಿ ಕೊರೆದ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ತೂರಿಸಿ, ಆ ಕಣಗಳ ಸಂಚಾರಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 2·5

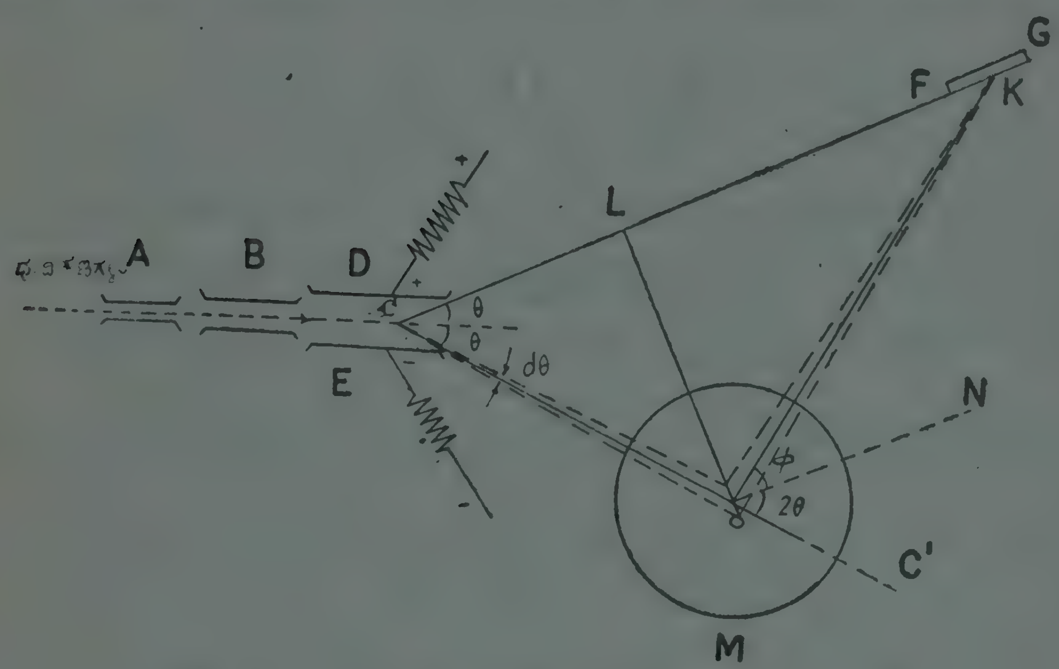
ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಉದ್ಭವವಾಗುವ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳು ಲಂಬನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದ್ದರಿಂದ, ಅವುಗಳು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಉಲ್ಲೇಖಿಸುವ ರೇಖೆಗಳು ಪರವಲಯದ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನು (parabolic traces) ಹೊಂದಿದವು. ಇವುಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ $\frac{e}{M}$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. (ಚಿತ್ರ 2.5)

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯ ವೇನೆಂದರೆ :—ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರವಲಯದ ಆಕೃತಿಗಳು, ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣಭೂತವಾದ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಗೆಗಳಿರಬೇಕೆಂದು ಅರ್ಥವಾಯಿತು. ಇವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅವುಗಳ ತೂಕಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಹೀಗೆ ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ 20 ಮತ್ತು 22 ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣಗಳಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ನಾವು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವ ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲ ದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತೂಕಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರಬೇಕು. ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲದ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕವು 20 : 2 ಎಂದು ನಿರ್ಧರವಾಗಬೇಕಾದರೆ, 20 ಮತ್ತು 22 ತೂಕಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು 9 : 1 ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಿಲನವಾಗಿರಬೇಕೆಂಬ ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ನಿಯಾನ್ ಅನಿಲ

ದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಂತೆಯೇ ಹಲವಾರು ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಈ ವಿಧವಾದ ಸಂಯುಕ್ತರಚನೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು.

2.9 ಆಸ್ಟನ್ನನ ಜಡಾಂಶ ವರ್ಣರೋಹಿತ ಲೇಖ (Aston's mass spectrograph)

ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಅಂಶವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾದ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ನಿಲ್ಲಿಸುವಂತೆ ಆಸ್ಟನ್ (Aston) ಎಂಬ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಹೆಸರಿನಿಂದಲೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯಾಗಿರುವ ಯಂತ್ರೋಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು (Aston's mass spectrograph). ಥಾಂಸನ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಪರವಲಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಹಲವು ಲೋಪದೋಷಗಳನ್ನು ಆಸ್ಟನ್ ತನ್ನ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ನಿವಾರಿಸಿದನು. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಕುಶಲತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಸಂಶೋಧನೆಯ ಫಲವಾಗಿ ದೊರೆತಿರುವ ಜ್ಞಾನದ ಮಹತ್ತ್ವದಿಂದಲೂ, ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಲಭಿಸಿತು. ಈ ಉಪಕರಣದ ರೂಪರೇಖೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.6 ರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 2.6 ಆಸ್ಟನ್ ಜಡಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ-ಗ್ರಾಹಕ

ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಲ್ಲ) ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣ (positive ions) ಗಳನ್ನು A, B ಎಂಬ ಎರಡು ಸಂಕುಚಿತ ಸಮಾನಾಂತರ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವು ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮರೇಖೆಯಂತಿರುತ್ತವೆ. D ಮತ್ತು E ಎಂಬ ಎರಡು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು 400 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಟ್ಟು, ಅದರ ಬಲದಿಂದ, ಕಣಗಳು ಋಣಧ್ರುವವಾದ E ಕಡೆಗೆ ವಾಲುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳ ವೇಗಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ತಂಡವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ

ಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಚದರುತ್ತವೆ (dispersed). ಇದನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವರ್ಣ ಪಟಲ (electric spectrum) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಪಸರಣ (divergent) ಹೊಂದಿದ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವು S ರಂಧ್ರದಿಂದ ಸೀಮಿತವಾಗಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತವೆ. M ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತದ ಮೂಲಕ ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲದಿಂದ ಕಿರಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಬಾಗುವಿಕೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (2.6) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ CO ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದ ಕಿರಣಗಳು OK ನೇರಕ್ಕೆ ತಿರುಗುವಂತಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ವಿಶೇಷವೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಕಣಗಳು ಮತ್ತೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವಂತೆ ಏಕಾಗ್ರಮುಖವಾಗಿ (converge) ಹೊರಟು K ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಸಂಗಮವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಇರಬೇಕಾದ ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ CO=OK ಇರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

$$KOC' = 4\theta$$

$$OCL = OKL = 2\theta \qquad (2\cdot 21)$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವಂತೆ, K ಎಂಬ ಸಂಗಮಬಿಂದುವಿನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ FG ಎಂಬ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನಿಟ್ಟರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು K ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಯಾಗುವ ಚುಕ್ಕೆಯನ್ನು ಗುರುತುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದರೆ, $\frac{e}{M}$ ಮೌಲ್ಯ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ವಿವಿಧ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. $\frac{E}{M}$ ನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳು K ಬಿಂದುವಿನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿವಿಧ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನದಿಂದ ಆಯಾ ಕಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ $\frac{e}{m}$ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಲು ಮತ್ತು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ವೇಗಗಳ ಸಂಗಮದ ವಿಧಾನ (velocity focusing). ಅಂದರೆ, ವಿವಿಧ ವೇಗಗಳಿಂದ ಚಲನಮಾಡುವ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳೂ ತಮ್ಮ $\frac{E}{M}$ ಬೆಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಗಮಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ತರಂಗದೂರಗಳುಳ್ಳ ರೇಖೆಗಳು ಹೇಗೆ ಬೇರ್ಪಡುತ್ತವೆಯೋ

ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ $\frac{E}{M}$ ನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಬಿಂದುಗಳು ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಧಾನವು ಜಡಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕದ ವಿಧಾನ (Mass spectrograph) ವೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿದೆ.

ಕ್ರಿ.ಶ. 1919 ರಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ ಹಲವು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯನ್ನು ಕ್ರಮ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಉತ್ತಮ ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ (resolving power) ಯು ಸುಮಾರು 600ರ ವರೆಗೆ ವೃದ್ಧಿಯಾಗಿ ನಿಖರತೆಯು 10,000ದಲ್ಲಿ 1 ರ ಪ್ರಮಾಣ ದಷ್ಟು ಏರಲೂ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ.

ಹತ್ತಾರು ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಲೋಹಗಳು, ಅನಿಲಗಳು ಎಲ್ಲವೂ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿದ್ದವು.

1. ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನಿಯಾನ್ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಕಣಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಯಿತು. 20 ಮತ್ತು 22 ತೂಲಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಗುರುತುಗಳು (traces) ಕಂಡುಬಂದುವು. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು (relative abundance) 90.4 : 9.6 ಎಂದೂ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಸ್ಥಿರ ಮೂಲವಸ್ತು (stable elements) ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹಲವು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ತೂಕದ ಪರಮಾಣುಗಳಿರಬೇಕೆಂದು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ವಿಧಾನ ದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಮೂಲವಸ್ತುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅಂಗ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸಮಸ್ಥಾನಿ (isotopes) ಗಳೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಭೇದವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದ ರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತ ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕ ವಿಧಾನವೇ ಮಾರ್ಗ.
2. ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದರೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕ (whole number) ಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. 16 ತೂಕವುಳ್ಳ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಂಡರೆ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಿಂದ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕ್ಲೋರಿನ್ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕ 35.46 ಆಗಿದ್ದು ಈ ಭಿನ್ನಾಂಕ ಪ್ರಮಾಣದ

ಮರ್ಮವು ಈಗ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ 35 ಮತ್ತು 37 ಪೂರ್ಣಾಂಕ ತೂಕಗಳುಳ್ಳ ಎರಡು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು 76 : 24 ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ (average) ತೂಕವು 35.46 ಆಗುತ್ತದೆ.

3. ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲವೋ ಆಗ, ಈ ಸಣ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದಲೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಗೂಢತತ್ತ್ವಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ಸಣ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಆಸ್ಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು "ತೂಕ ಕೊರತೆ" (mass defect) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನಿಂದ ಕರೆದು ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯವು ಹೇಗೆ ವಸ್ತು ವಸ್ತುವಿಗೂ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

4. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ, ಕೇವಲ 92 ಸಂಖ್ಯೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದ ಮೂಲಭೂತಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಸುಮಾರು 280 ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಇರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ.

ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಅತಿ ಹಗುರವಾದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. 16 ತೂಕ ಮಾನದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಆಮ್ಲಜನಕದಲ್ಲಿಯೇ 16, 17, 18 ತೂಕಗಳ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು 3000 : 1 : 5 ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿವೆಯೆಂದು ತಿಳಿದಾಗ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರಮಾಣು ತೂಕವಾದ 16.0035ಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಸಿಕ್ಕಿತು. ಈ ಸಣ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಜಲಜನಕದಲ್ಲಿಯೂ 1, 2, 3 ತೂಕಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾಯಿಗಳಿರಬೇಕೆಂದು ತರ್ಕಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ವಿಷಯವೂ ಬೇರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟು 2 ತೂಕದ ಡ್ಯೂಟೇರಿಯಂ ಅಥವಾ ಭಾರವಾದ ಜಲಜನಕ (D or H^2) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. H_2O ಎಂಬ ನೀರಿನಂತೆಯೇ D_2O ಎಂಬ ಭಾರವಾದ ನೀರು (heavy water) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟು ಇತರ ಭೌತಗುಣಗಳೆಲ್ಲ ಈಗ ಗೊತ್ತಾಗಿವೆ. ನೀರಿನ ಅಣು ತೂಕವು 18 ಆದರೆ, ಭಾರ ನೀರಿನ ಅಣು ತೂಕವು 20 ಆಗಿ, ಅದರ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು 101.4° C ಆಗಿರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ H^2 ಮತ್ತು H^3 ಎಂಬ ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಈಗ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

5. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವಂತೆ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕೇವಲ ಬೀಜಾಂಶಕಣ (nucleus) ಗಳ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟವು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ (neutron) ಎಂಬ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಾದ ಮೇಲೆ ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಎಂಬ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣವೂ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣವೂ ವಿವಿಧ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿದಿದೆ.

ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ Z ಆದರೆ, ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ Z ಆಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, A ಎಂಬುದು ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆ (mass number) ಆದರೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು (A–Z) ಆಗುತ್ತದೆಂಬ ನಿಯಮವಿದೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ತೂಕವು ಸುಮಾರಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನದ ವೃದ್ಧಿ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ H^1, H^2, H^3 ಎಂಬ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಕೇಂದ್ರದ ರಚನೆ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

H^1 1 ಪ್ರೋಟಾನ್

H^2 1 ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್

H^3 1 ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು 2 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್

ಹೀಗೆಯೇ Ne^{20} ರಲ್ಲಿ 10 ಪ್ರೋಟಾನ್, 10 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್

Ne^{22} ರಲ್ಲಿ 10 ಪ್ರೋಟಾನ್, 12 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್

ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಎರಡು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು : Z ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ—ಪ್ರೋಟಾನ್ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಎರಡು : A ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಸಂಖ್ಯೆ (mass number)

ವಸ್ತುವಿನ ರಾಸಾಯನ ಸಂಕೇತದ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ A ಯೂ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ Z ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ.

ಜಲಜನಕದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು : $_1H^1$, $_1H^2$, $_1H^3$

ನಿಯಾನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು : $_{10}Ne^{20}$; $_{10}Ne^{22}$

A ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿರುವ ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆಯು, ವಾಸ್ತವ ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಪೂರ್ಣಾಂಕವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಈ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರಚನೆಯ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿವೆ. ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಭಾಗ. ಇದರಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಎಲ್ಲಪರಮಾಣು ತೂಕವೂ ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಬೀಜಾಂಗವೆಂದು (nucleus) ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಜಲಜನಕ ಕೇಂದ್ರವಾದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಮೂಲ ತೂಕದ ಕಣವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದನ್ನು M ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$(\text{ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತೂಕ})\ m = \frac{M}{1835}$$

ಆದರೆ, ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಾರಣವೇ ವಿನಃ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಹೊರಗಣ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಅಲ್ಲ.

ಇನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಟ್ಟಡ (structure) ದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಾದ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಅಂಗಕ್ಕೂ, ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ಅಂಗಕ್ಕೂ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆಂಬ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬೇಕು.

ಅಧ್ಯಾಯ 3

ಪರಮಾಣುರಚನೆಯ ಆಕೃತಿಯ ವಿವಿಧ ರೂಪರೇಖೆಗಳು

3.1 ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪಾತ್ರ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣವು ಭಾಗ ಹೊಂದಿರಬೇಕೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ವಸ್ತುವನ್ನು ಉಜ್ಜುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬ ವಿಷಯ ಹಿಂದಿನ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಗೊತ್ತಾದ ವಿಷಯವೇ ಆಗಿದ್ದಿತು. ಆದುದರಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರಬೇಕಾದರೆ, ಆ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಇದನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲು, X-ಕಿರಣಗಳು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, α-ಕಿರಣಗಳು ಮುಂತಾದ ಕಣಗಳನ್ನು ವಸ್ತುಗಳ ಒಳಹೊಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದರ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಆರಂಭಿಸಲಾಯಿತು.

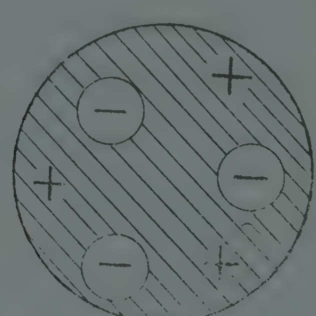
ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಒಂದು ಅಂಶವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಯಿತು. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಅದರ ಪರಮಾಣು ತೂಕಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸಂಬಂಧವಿರಬೇಕು. ಇತ್ತೀಚಿನ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳಿಂದ ಬಾರ್ಕ್‌ಲಾ (Barkla) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಜಲಜನಕವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಇತರ ಹಗುರ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪರಮಾಣುತೂಕದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಇರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಜಡವಸ್ತು (matter) ವು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ತಾಗಿ (neutral) ಇರಬೇಕಾದುದರಿಂದ, ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಕೂಡ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ತಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು. ಅಂದ ಮೇಲೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸಮತೂಕ ಮಾಡುವಂತೆ ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತೂ ಇರಲೇಬೇಕಾಯಿತು. ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ (e) ವೂ ತೂಕವೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾದಮೇಲೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ತೂಕ (m) ವು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕ (M) ದ ಸುಮಾರು $\frac{1}{2000}$ ಭಾಗವಿರಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಈ ವಿಷಯುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೂ, ಅದೇ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನದ ಮತ್ತೊಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಭಾಗವೂ ಇರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಅಂದಮೇಲೆ ಈ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಭಾಗದ ತೂಕವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತೂಕದ ಸುಮಾರು 2000 (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ 1835) ಪಾಲಿನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಹುತೇಕವಾಗಿ ಜಲಜನಕದ ಇಡೀ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವು ಈ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತ ವಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಈ ಶತಮಾನದ ಆದಿಭಾಗ ದಲ್ಲಿಯೇ ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

3.2 ಥಾಂಸನ್ ಪರಮಾಣುರಚನೆಯ ಕಲ್ಪನೆ
(Thomson Atom Model)

ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತೆಲ್ಲವೂ ಒಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಏಕರೂಪವಾಗಿ ಹರಡುತ್ತದೆ. ಈ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ಗೋಳ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹುದುಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಕಲ್ಪನೆಯು ಕಡುಬಿನಲ್ಲಿ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ದ್ರಾಕ್ಷಿ ಹುತ್ತ (raisins) ಗಳ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಈ ಭಾವನೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುಭದ್ರತೆ (stability) ಯ ದೃಷ್ಟಿ



ಚಿತ್ರ 3.1 ಥಾಂಸನ್ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿ

ಯಿಂದ ಈ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸ (configuration)ವನ್ನು ತರ್ಕಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದನು. ಈ ತರ್ಕದ ಪ್ರಕಾರ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ (electro-static forces) ಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿ ನಲ್ಲಿ ಗೋಳಾಕಾರದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

ಕಣವನ್ನು ಇಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಗೋಳದೊಳಗೆ ಅದರ ಕೇಂದ್ರದ ಇಕ್ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಪಾರ್ಶ್ವಕ (symmetrical) ವಾಗಿದ್ದರೆ ಸರಿಹೋಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದನು. ಹೀಗೆಯೇ ಮಿಕ್ಕ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಕಲ್ಪನೆಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು.

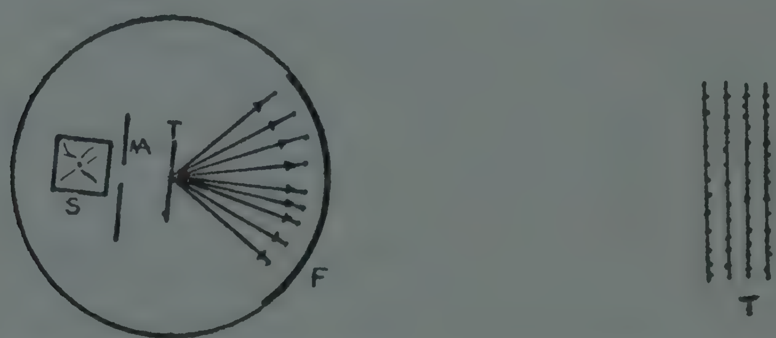
ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು, ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದನು. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಸುಮಾರು 1400 A° (1400×10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ.) ತರಂಗದೂರದ ರೇಖೆಗೆ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಕಣವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತನ್ನ ಸ್ವಸ್ಥಾನದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವದ (electromagnetic theory) ಪ್ರಕಾರ, ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಕಿರಣ (radiate) ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಿಕಿರಣವಾಗುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆ (spectral line) ಗೆ ಸರಿಹೋಗುವ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಆಂದೋಲನಗಳ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ಮಾದರಿಯು ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುಭದ್ರತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ವರ್ಣಪಟಲದ ರಚನೆಯ ಸಮರ್ಥನೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಮಾಧಾನವನ್ನು ತಂದಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ, ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ, ಈ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸಾಧುವಾಗಿ ತೋರಿಬರದೆ ಹೋದುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಕೈಬಿಡಬೇಕಾದ ಪ್ರಸಂಗವು ಒದಗಿತು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಉಂಟಾದುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಮುಖ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಂತಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

3.3 ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರೀಯ ಮಾದರಿ (Rutherford's nuclear atom model)

ಪರಮಾಣುವಿನ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು 1911 ರಲ್ಲಿ ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ನಡೆಸಿದನು. ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು (radio-active material) ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ α-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪರೆಗಳ ರೂಪ (thin foil) ದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಚಿನ್ನದ

ಪರೆ (gold foil) ಯ ಪ್ರಯೋಗವು ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಇದರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ ವೇನೆಂದರೆ, ಚಿನ್ನದ ಹರಳುಗಳನ್ನು ತಟ್ಟಿ ತಟ್ಟಿ ಅತ್ಯಂತ ನವುರಾಗಿಯೂ, ತೆಳುವಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ: ಇದರ ದಪ್ಪವು ಸುಮಾರು 4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದು ಇದರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 400 ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಡಗಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಆಲ್ಫ (α) ಕಣದ ತೂಕವು ಸುಮಾರು 6.62×10^{-24} ಗ್ರಾಂ. ಮತ್ತು ಇದರ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಎರಡರಷ್ಟು ಇದ್ದು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪೊಲೊನಿಯಂ (polonium) ಮೂಲವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ಈ ಕಣಗಳ ವೇಗವು ಸುಮಾರು 1.6×10^{9} ಸೆಂ.ಮೀ. / ಸೆಕಂಡ್ ಇರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 3·2 ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ α–ಚದರುವಿಕೆಯ ಪ್ರಯೋಗ

ಈ ವಾಸ್ತವ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಿಂದ ಈ ವೇಗವಾದ α-ಕಣಗಳು ಚಿನ್ನದ ವಸ್ತುವಿನಂತಹ ತೆಳುವು ಪದರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಊಹಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 3.2 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ S ಎಂಬ ಪೊಲೊನಿಯಂ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ α-ಕಿರಣಗಳು ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. A ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಇವುಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತ ರೇಖೆಯ (collimated) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸೀಮಿತವಾಗುತ್ತವೆ. T ಎಂಬುದು ಚಿನ್ನದ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಪರೆ. α-ಕಣಗಳು ಇದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೊರಬಿದ್ದ ಮೇಲೆ ಅವುಗಳು ವಿವಿಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ F ಎಂಬ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣತೆರೆ (fluorescent screen) ಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ತೆರೆಯಲ್ಲಿ ಸತುವಿನ ಸಲ್ಫೈಡ್ (zinc sulphide) ಲೇಪವಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದೊಂದು α-ಕಣವೂ ಅದರ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣ (scintillation) ವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ವಿವಿಧ ಕೋನಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಈ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (microscope) ದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬಂದ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಎಣಿಸಿ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡನು.

ಈಗ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ. ಪರೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ α-ಕಿರಣಗಳ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಯಾವ ಮಾರ್ಗಭೇದ (deflection) ವನ್ನೂ ಹೊಂದದೆ ನೇರವಾದ

ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಮೂಲಮಾರ್ಗದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕೋನದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ α-ಕಣಗಳ ಚದರುವಿಕೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಮಾರ್ಸ್‌ಡನ್ ಮತ್ತು ಗೈಗರ್ (Marsden and Geiger) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ರದರ್‌ಫರ್ಡ್‌ಜೊತೆಗೆ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಾಗಿ, ಕೆಲವು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವೂ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತವೂ ಆದ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದರು. ಇದೇನೆಂದರೆ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ α-ಕಣಗಳ ಮಾರ್ಗಭೇದಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದು ಸುಮಾರು 150° ಅಷ್ಟು ಇದ್ದುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಮಾರ್ಗನಮನಗಳು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಅತಿ ಗಮನಾರ್ಹವಾದುವು. ಇದರ ಮರ್ಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ನಂಬಲಸಾಧ್ಯವಾದ ಈ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೀಗೆ ತಿಳಿಸಿದರು : "15 ಅಂಗುಲದ ಸಿಡಿಗುಂಡನ್ನು (shell) ಒಂದು ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ನವುರುಕಾಗದ (tissue paper) ದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ, ಆ ಗುಂಡು ವಾಪಸ್ ಬಂದು ನಿಮ್ಮನ್ನೇ ತಾಕಿತೆಂದರೆ ಎಷ್ಟು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿಯ ವಿಸ್ಮಯವನ್ನು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದೆ."

ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪ್ರಸಂಗವನ್ನು ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಸಂಶೋಧಿಸಿ, ಮೂಲತತ್ತ್ವಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಅದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಹೊಸ ಅಂಶವು ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾಗಿ ತಿಳಿಯಿತು. ಹಿಂದಿನ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಥಾಂಸನ್ ತೋರಿಸಿದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕಾದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ರೂಪರೇಖೆಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ:

1. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್‌ಭಾಗವು ಗೋಳಾಕಾರವಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಏಕರೂಪದ ವಿದ್ಯುತ್ ಗೋಳದ ತ್ರಿಜ್ಯವು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಇರಬೇಕಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ರದರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಇಡೀ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಭಾಗವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ (ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ ತ್ರಿಜ್ಯದ) ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರಬೇಕು. ಇವನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರ ಅಥವಾ ನಾಭಿ (nucleus) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.
2. ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣವು ಈ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ನಾಭಿಯ ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರ) ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುತ್ತಿರಬೇಕು. ಅಂದಮೇಲೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ಹೊರಗಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೂ ಇರುವ ಮಧ್ಯ ಪ್ರದೇಶವೇ ಶೂನ್ಯ (empty space) ವೆಂದು ಅರ್ಥಬರುತ್ತದೆ.

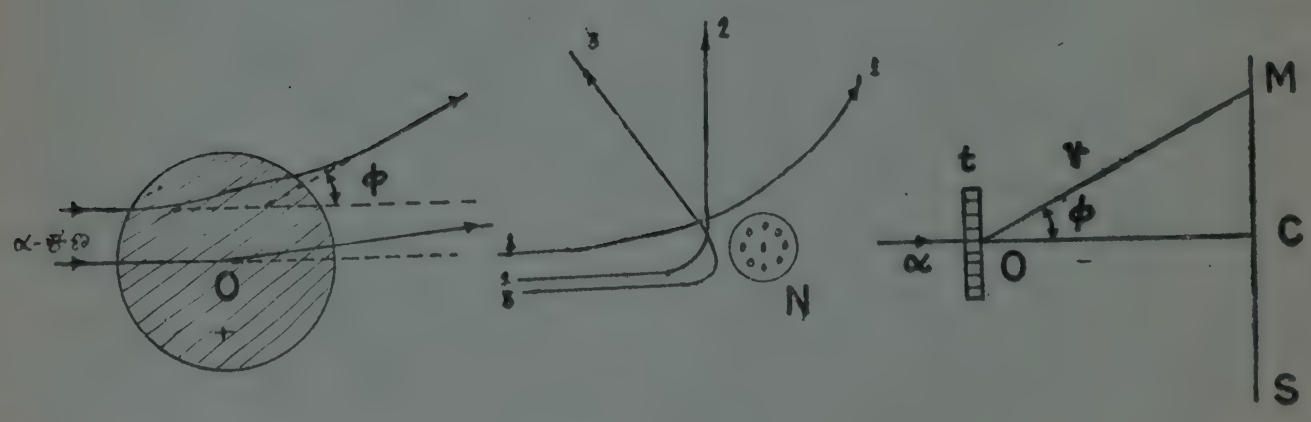
ಈ ಎರಡು ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿದರೆ, ಥಾಂಸನ್ ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕೈಬಿಟ್ಟಂತೆಯೇ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಕಲ್ಪನೆಗೂ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೂ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವಿಮರ್ಶೆಯನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

α-ಕಿರಣಗಳ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಚದರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡಲು ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಮಾಡಿದ ವಾದಸರಣಿಯು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇತ್ತು..

1. α-ಕಿರಣಗಳ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೂ, ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದಪಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳೇ (electro-static repulsion) ಕಾರಣವಾಗಿ, ಚದರುವಿಕೆಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

2. ಚದರಿಸುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯು ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿದ್ದು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತು ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ ಪ್ರದೇಶದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಇದರ ಮೂಲಕ α-ಕಿರಣಗಳು ಹಾಯುವಾಗ ಸಂಭವಿಸುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು 3.3 (*a*) ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಒಂದು α-ಕಿರಣವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಗೋಳದೊಳಹೊಕ್ಕು, ಅದರ ಕೇಂದ್ರ (O) ದ ಸಮೀಪ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರ ಮಾರ್ಗದ ಬದಲಾವಣೆಯು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಗೋಳದ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕಿಂತ ದೂರವಿದ್ದು α-ಕಿರಣವು ಗೋಳದೊಳಗೆ ತೂರುವಾಗ ಅದರ ಮಾರ್ಗ ಬದಲಾವಣೆಯು (ϕ) ಹೆಚ್ಚಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೂ, ಇಂಥ ನೇರವಾದ ಸಂಘರ್ಷಣೆಗಳ (encounters) ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಮಾರ್ಗ



(*a*) (*b*) (*c*)

ಥಾಂಸನ್ ಪರಮಾಣು ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಪರಮಾಣು

ಚಿತ್ರ 3·3 ಕೇಂದ್ರೀಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿ

ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಸಂಭವನೀಯತೆಗಳ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ (laws of probability) ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದರೆ, ಈ ಮಾರ್ಗದಿಕ್ಪಲ್ಲಟ (ϕ)ದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. $\phi = 30°$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೂ ಸಂಭವನೀಯತೆಯೂ $10^{-13}\left[\frac{1}{10^{13}}\right]$ ಅಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ನಡೆಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ 30°–150° ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಮಾರ್ಗದಿಕ್ಪಲ್ಲಟಗಳು ಉಂಟಾಗಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

3. ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಅಸಾಧುತ್ವವನ್ನು ತೋರಿಸಿದ ಬಳಿಕ ರದರ್ ಫರ್ಡ್‌ನು ತನ್ನ ಸ್ವಂತ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಿದನು. ಆ ಪ್ರಮೇಯಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ :

(i) α-ಕಣವನ್ನೂ ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕೇಂದ್ರವನ್ನೂ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಿ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಪಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಬೇಕು.

(ii) ಈ ಕಣಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಣಾಮ (energy and momentum) ಗಳ ಭೇದಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ನಿತ್ಯತೆ (conservation) ಯನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

(iii) ಪರಮಾಣು ಕೇಂದ್ರ (N) ದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ತೂಕವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಮಾತ್ರ ಈ ಘರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವೆಂದು ಎಣಿಸಬೇಕು.

(iv) ಈ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು (postulates) ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಮಾರ್ಗಭೇದಗಳನ್ನು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರ (*b*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ 1, 2, 3 ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ α–ಕಿರಣಗಳು ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ವಿವಿಧ ದೂರಗಳವರೆಗೂ ಹೋಗಿ ತಮ್ಮ ಪಥಗಳನ್ನು (trajectories) ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. 3 ಕಣವು ಅತಿ ಸಮೀಪದವರೆಗೂ ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಅದರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪಲ್ಲಟವಾಗಿ

ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, $\phi = 120^\circ$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ನೂರಾರು α-ಕಣಗಳು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ವಿವಿಧ ದೂರಗಳವರೆಗೂ ಹೋಗಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಮಾರ್ಗದಿಕ್ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

(v) ಗಣಿತದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ರೂಢಿಸಿ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದುವ α-ಕಣಗಳ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು.

ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 3.3(*c*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. α-ಕಿರಣಗಳು ಹಾಯುವ ವಸ್ತುವಿನ ದಪ್ಪದ ಪ್ರಮಾಣವು t ಆಗಿದ್ದು, ಅಲ್ಲಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣತೆರೆ (S) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಮೂಲಮಾರ್ಗದಿಂದ ϕ ಕೋನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದಿ, OM ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಚದರಿ, ತೆರೆಯನ್ನು M ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ, ಅಂಥ ಕಿರಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ (N) ಎಷ್ಟಿರಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

$$N = \frac{Q.\ n.\ t.\ \ E^2.\ e^2}{r^2.\ m^2.\ v_0^4 \sin^4 \phi/2} \qquad (3.1)$$

ಇಲ್ಲಿ ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಘನಮಾನ (1 c.c.) ದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ = n

ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ದಪ್ಪ = t

ಚದರಿಸುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಚದರ ಸೆಂ.ಮೀ. (1 sq. cm.) ಕ್ಷೇತ್ರದಮೇಲೆ ಅಧಿಪತಿತವಾಗುವ α-ಕಿರಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ = Q

S ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿಗೆ r ದೂರದಲ್ಲಿ (OM=r) ಮೂಲಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ϕ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಚದರಿರುವ α-ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ M ಪ್ರದೇಶದ 1 ಚದರ ಸೆಂ.ಮೀ. (1 sq. cm.) ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆ=N

α-ಕಿರಣದ ಜಡಾಂಶ = m

α-ಕಿರಣದ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ = 2e

ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ = E = Ze

ಇಲ್ಲಿ Z = ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆ (atomic number)

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, N ಎಂಬ ಚದರಿದ

α-ಕಿರಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಅಪವರ್ತನ (factors) ಗಳ ಸ್ವರೂಪ ವನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಪ್ರಕಾರ

$$N \alpha \frac{1}{\sin^4 \phi/_2}; \quad N \alpha t; \quad N \alpha Z^2; \quad N \alpha \frac{1}{mv_0^2} \qquad (3\cdot2)$$

ಗೈಗರ್, ಮಾರ್ಸ್ಡನ್, ಮೊದಲಾದ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ನಡೆಸಿದ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮೇಲಿನ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದ್ದುವು. ಆದ್ದರಿಂದ, ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯ ರೂಪರೇಖೆಗಳು ಸಿದ್ಧಿಹೊಂದಿದವು.

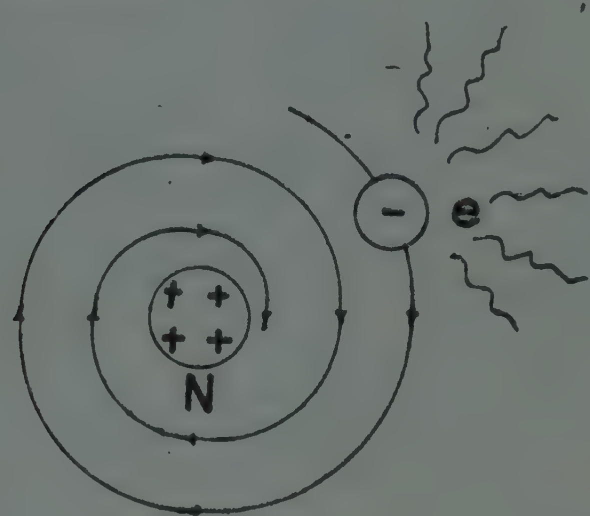
ಪರಮಾಣುವಿನ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತೆಲ್ಲವೂ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಕೇಂದ್ರದ ಗಾತ್ರವು ಅತಿಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲವೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಪರಮಾಣುವಿನ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಇದಕ್ಕೂ ಕೇಂದ್ರ (nucleus) ಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರವು ಅಗಾಧ ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಸೂರ್ಯನಿಗೂ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಶೂನ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.

3.4 ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿಯ ಕೆಲವು ಲೋಪದೋಷಗಳು (Some limitations of Rutherford's atom model)

ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ತೋರಿಸಿದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯು ಹಿಂದಿನ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗಿಂತ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಸಾಧನೆಯ ಫಲವಾದರೂ, ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಸ್ಪಷ್ಟನೆಯು ಅದರಿಂದ ದೊರಕಲಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವೇನೋ ಆಯಿತು. ಆದರೆ, ಇದರೊಂದಿಗೆ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಕಣವು ಯಾವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲವಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುಭದ್ರತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ನಾವು ಮರೆಯಬಾರದು. ಅಂದರೆ ಅದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೂ ಒಂದು ಸುವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಹಂಚಿಕೆಯು ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ವೈಯಕ್ತಿಕ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು (individuality) ಹಾಳಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ವಾಸ್ತವವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ರೂಪರೇಖೆಗಳು ಹೇಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ವಿಚಾರಮಾಡಬೇಕು.

ಈ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಗಮನಕೊಟ್ಟರೂ, ಅವನ ಸಲಹೆಯು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ಋಣ

ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೂ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಂಧನ ಕೇವಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅರಿವಾಯಿತು. ಸುಭದ್ರ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡಬೇಕಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಹೀಗಾದರೆ, ಸೂರ್ಯನಿಗೂ ಸುತ್ತುವ ಗ್ರಹಕ್ಕೂ ಯಾವ ರೀತಿಯಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳಿಗೂ, ಕೇಂದ್ರಾಭಿಮುಖ (centri-petal) ವಾದ ಬಲಗಳಿಗೂ ಸಮತ್ವವಿದೆಯೋ, ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳಿಗೂ ಕೇಂದ್ರಾಭಿಮುಖ ಬಲಗಳಿಗೂ ಸಮತ್ವವಿರಬಹುದೆಂದು ಊಹಿಸಲಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 3·4

ಈ ಭಾವನೆಯು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ತೋರಿದರೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಚಾರ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ತೊಡಕನ್ನೇ ತಂದಿಟ್ಟಿತು. ಇದು ಹೇಗೆಂದರೆ :— ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬುದು ಒಂದು ಋಣವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣ. ಇದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತಿದರೆ, ಇದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Maxwell) ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವ (electro-magnetic theory) ದ ಪ್ರಕಾರ, ಅದರಿಂದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣ (radiation) ವು ಸಾಗುತ್ತಲೇ ಇರಬೇಕು. ಈ ಶಕ್ತಿಕ್ಷಯದಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುವ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕ್ರಮೇಣ ಸಂಕುಚಿತವಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಅದು ಕೇಂದ್ರದೊಳಗೆ ಬಿದ್ದು ಬಿಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಈ ಸಂಭವವು ಅತ್ಯಲ್ಪಕಾಲದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ 10^{-8} ಸೆಕಂಡ್‌ಗಿಂತಲೂ ಕಡಮೆ) ಉಂಟಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೇ ಕುಸಿದುಬೀಳಬೇಕು. ಇದು ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾದುದರಿಂದಲೂ, ಪರಮಾಣುವಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸುಭದ್ರವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಯೇ ದೋಷಪೂರಿತವಾದುದೆಂದು ಅರ್ಥವಾಯಿತು. ಈಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಚಿತ್ರ (3.4) ದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿದೆ.

1911-1912 ರಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಪ್ರಬಲವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದರು. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವವೇ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಅಂಧಕಾರವು ತಲೆದೋರಿದಂತಾಯಿತು.

ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಮೋಡಗಳಿಗೂ ಒಂದು ರಜತರೇಖೆಯು ಇದ್ದೇ ಇರುವಂತೆ, 1913 ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಚೈತನ್ಯವು ಮೂಡಿತು. ಇದರಿಂದ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಗತಿಯ ಮಾರ್ಗವು ರೂಪಿತವಾಯಿತು. ಈ ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ತುಂಬಿದವನು ಡೆನ್ಮಾರ್ಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ನೀಲ್ಸ್ ಭೋರ್ (Niels Bohr).

ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವವು ತಂದೊಡ್ಡಿದ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವನ್ನು ಅತಿ ಧೈರ್ಯದಿಂದಲೂ ಸಾಹಸದಿಂದಲೂ ತಳ್ಳಿಹಾಕಿ ತನ್ನದೇ ಆದ ಹೊಸ ಕ್ರಾಂತಿ ಕಾರಕವಾದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಭೋರ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಸವಾಲನ್ನು ದಿಟ್ಟತನ ದಿಂದ ಎದುರಿಸಿ, ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಗೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಈ ಅಪೂರ್ವ ಸಾಧನೆಯಿಂದ ಅವನಿಗೆ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಲಭಿಸಿತು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನವು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಹೆಜ್ಜೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟಿತು.

ಈಗ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಮೂಲಭೂತವಾದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸೋಣ.

3.5 ನೀಲ್ಸ್ ಭೋರಿನ ಮುಖ್ಯ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳು
(Fundamental postulates made by Niels Bohr)

ಭೋರ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ತೋರಿಸಿದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಲಾಯಿತು. ಅವನು ಮಾಡಿದ ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಸುತ್ತುವ ಪಥಗಳ ರೂಪಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಮೊತ್ತ ಮೊದಲು ಅತಿ ಸುಲಭವಾದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದು ಕೊಂಡನು. ಇದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧನವಿದ್ಯುನ್ಮಾನದ ಕಣ (proton) ವು ಇದೆ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ವರ್ತುಲ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ (circular orbits) ಸುತ್ತಬೇಕೆಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರೂ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅವಕಾಶವುಂಟೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಈ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳು ಒಂದು ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ನಂಬಿದನು. ಇವುಗಳ ನಿಯಮಗಳು ಕೆಳಗೆ ಕಂಡಂತಿರಬೇಕು.

ಭೋರ್ ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳು :

1. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಪಥಗಳೂ ಸಾಧ್ಯವಾದರೂ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಕೆಲವೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವರ್ತುಲ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತಬೇಕು.
2. ಹೀಗೆ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಿಂದ ಶಕ್ತಿಕ್ಷಯವಾಗದೆ, ಅದು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ.
3. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಒಂದು ನಿಗದಿಯಾದ ಪಥದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ನಿಗದಿಯಾದ ಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣ ವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ತತ್ತ್ವಗಳು ಎಷ್ಟೇ ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾಗಿ ತೋರಿದರೂ, ಅವುಗಳ ಯಥಾರ್ಥ ತೆಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟದ್ದರಿಂದಲೇ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಮಹತ್ತ್ವವು ಬಂದಿತು. ಇದು ತರುಣ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಭೋರನ ಅಪ್ರತಿಮ ಸಾಹಸವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ಭೋರ್ ಮಾಡಿದ ಈ ಹೊಸ ನಿಬಂಧನೆಗೆ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಹಿನ್ನೆಲೆಯು ಇಲ್ಲದಿರ ಲಿಲ್ಲ. 1890 ರಿಂದ 1910 ರ ವರೆಗಿನ 20 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ದಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪೂರ್ಣ ಅರ್ಥವನ್ನು ಅರಿತು ಒಂದು ಸಮಂಜಸವಾದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ನಿಜವಾಗಿ ನೋಡಿದಲ್ಲಿ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಅಸ್ತವ್ಯಸ್ತ (confusing) ವಾಗಿದ್ದಿತು. ಒಂದುಕಡೆ, ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವೂ (mechanics and electro-dynamics) ಭದ್ರವಾದ ತಳಹದಿಯಲ್ಲಿ ಬೇರೂರಿದ್ದವು. ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾಗಿದ್ದ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಅವುಗಳ ತತ್ತ್ವಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆ ಹೊಂದಿದ್ದವು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವವು ಇದಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲವಾಗಿದ್ದಿತು. ಬೆಳಕು ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರವಿದ್ದಿತು. ಬೆಳಕು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ್ದು ಆ ಪಟಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವು ಕಲ್ಪಿತವಾಯಿತು. ಇವುಗಳ ಮೂಲತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಸಾರವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಸಾಗುವ ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆ ಎಂಬ ಅರ್ಥವಿದ್ದಿತು.

ಮತ್ತೊಂದುಕಡೆ ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಕಾಣಿಸಿ ಕೊಂಡವು. ಮೊತ್ತಮೊದಲು ಪ್ಲಾಂಕ್ (Planck) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವ (quantum theory). ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯು ತನ್ನ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನ (discontinuous) ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿ ಮೊತ್ತಗಳು (discrete bundles) ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ಒಂದೊಂದು ಮೊತ್ತ (quantum) ಕ್ಕೂ ನಿಗದಿಯಾದ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣವಿದ್ದು

ಅದು ಆ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಪಂದನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. (The amount of energy in each quantum is proportional to the frequency of the radiation). ν ಎಂಬುದು ಸ್ಪಂದನ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದರೆ, ಆ ಮೊತ್ತದ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು $E = h\nu$. ಇಲ್ಲಿ h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ. (3.3) h ಎಂಬುದು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವಾಗಿ, ಈಗ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಭಾವಯುತವಾದ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯತಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ.

$$h = 6{\cdot}6 \times 10^{-27} \text{ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕೆಂಡ್} \qquad (3{\cdot}4)$$

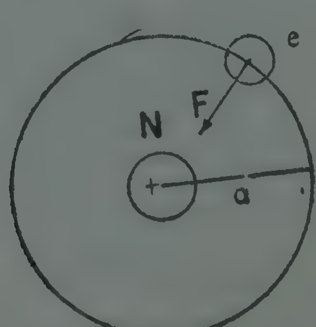
ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೆಲ್ಲ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಪ್ಲಾಂಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು "ಕಪ್ಪು ವಸ್ತುವಿನ" ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು (energy distribution in the spectrum of black radiation) ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ 1905 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ (Einstein) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಗೆ (photoelectric effect) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ ಸಾಧಕವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ನಿರನಿಲ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಋಣಧ್ರುವವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಆ ತಟ್ಟೆಯಿಂದ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನುಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (photo-electrons) ಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಅಧಿಪತಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವು ಕಡಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ (ಅಂದರೆ, ಕೆಂಪಿನಿಂದ ನೀಲಿ ಅಂಚಿನ ಕಡೆಗೆ ಹೋದಾಗ), ಹೊರಬಿದ್ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತಜ್ಞಾನದಿಂದ ಅಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಅಲೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಾಗ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿ ದ್ಯುತಿಕಣ (photons) ಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವು λ ಆಗಿದ್ದು ಅದರ ಸ್ಪಂದನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆದರೆ, ಈ ದ್ಯುತಿಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು $E = h\nu$ ಆಗಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ದ್ಯುತಿ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಕೊಟ್ಟು ಅದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಕೆಂಪು ಬೆಳಕಿನ ಕಣದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೂ, ನೀಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಣದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಈ ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ (ನೀಲಿ ಬೆಳಕು) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳುವ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯಿದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ ಈ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್

ಕ್ರಿಯೆಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಸಾಧಕವಾಗಿಯೂ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ (classical) ಭೌತಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸವಾಲಿನಂತೆಯೂ ಪರಿಣಮಿಸಿತು.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವರ್ಣ ಪಟಲವಿರುತ್ತದೆ. ಸೂಕ್ತವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಉಜ್ಜ್ವಲಗೊಳಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ವಿಕಿರಣವಾಗುವ ಬೆಳಕನ್ನು ರೋಹಿತಮಾಪಕ (spectrometer) ದಿಂದ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಮಾಡಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣ ಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು (wave-lengths) ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ (spectral analysis) ವು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ ನಿಖರವೂ ಆದ ಮಾರ್ಗವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೋಡಿಯಂ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಹಳದಿ ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರ ಗಳು 5890×10^{-8} c.m. ಮತ್ತು 5896×10^{-8} c.m. ಆಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು D_1, D_2 ರೇಖೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ H_α, H_β....ಎಂಬ ಪ್ರಧಾನ ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈ ವರ್ಣ ಪಟಲದ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೂ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೂ ಒಂದು ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಒಂದೊಂದು ವರ್ಣಪಟಲವೂ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಹಸ್ತಾಕ್ಷರ (finger-print) ವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರದೆ, ಬಿಡಿ ಬಿಡಿ ಪ್ರಕಾಶರೇಖೆ ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಕಾರಣವೇನು? ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಉತ್ತರವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ತತ್ತ್ವದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮತ್ತು ನಿಗದಿಯಾದ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಬೆಳಕು ಆ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿ ಅನಿಶ್ಚಿತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗಲೇ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ನವೀನರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಲು ಮನಸ್ಸು



ಚಿತ್ರ 3·5 ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಚಿತ್ರ

ಮಾಡಿದನು. ಒಂದುಕಡೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಆವಶ್ಯಕತೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ರಚನೆಗಳ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಅದರ ನ್ಯೂನತೆಗಳೂ ಕಂಡುಬಂದಾಗ, ಪರಮಾಣುರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಭಾವವೇ ಇರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಈ ಸಾಹಸದ ಫಲವನ್ನು ನಾವು ಈಗ ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು. ಜಲ ಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರ (N) ದಲ್ಲಿ ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣ (+e) – ಇದು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರ ಸುತ್ತ ಅಂದರೆ, 'a' ಎಂಬ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಇದರ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ (-e).

ಈ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ, ನ್ಯೂಟನ್ ಚಲನ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೇಂದ್ರಾಭಿಮುಖವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು f ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$f = \frac{v^2}{a}$$ (v = ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗ).

ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಕೂಲೋಂಬ್ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಕೇಂದ್ರಕಣಕ್ಕೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೂ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಆಕರ್ಷಕಬಲವು

$$F = \frac{e^2}{a^2}$$

'm' ಎಂಬುದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಜಡಾಂಶವಾದರೆ $F = mf$ ಆಗಬೇಕು.

$$\frac{mv^2}{a} = \frac{e^2}{a^2}$$

$$mv^2 = \frac{e^2}{a}$$

ಚಲನಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}mv^2$ ಆದರೆ,

ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ (potential energy) $= \frac{-e^2}{a}$

ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ

$$= \frac{1}{2} mv^2 - \frac{e^2}{a} = \frac{e^2}{2a} - \frac{e^2}{a} = \frac{-e^2}{2a} = E \qquad (3.6)$$

ಇಲ್ಲಿಯ ವರೆಗೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾದಂತಾಯಿತು. ಈಗ ಭೋರ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ತನ್ನ ನವೀನ ಕಲ್ಪನಾಂಶ (postulate) ವೇನೆಂದರೆ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಎಲ್ಲ ಪಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ತಿರುಗಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಅದು ಕೆಲವೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತಲು ಸಾಧ್ಯ.

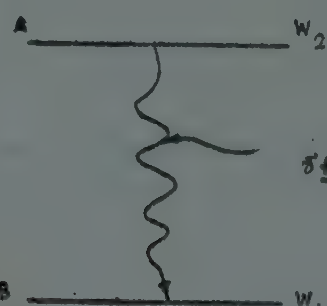
ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ನಿಯಮವನ್ನು ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ರಚಿಸಿದನು. ಈ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತಿರುಗಬಹುದಾದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಕೋನಮಾಪಿತ ಚಲನ ಪ್ರಮಾಣವು (angular momentum) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ ಇದನ್ನು L ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ

$$L = mva = \frac{nh}{2\pi} \tag{3·6}$$

ಇದೇ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ನಿಬಂಧನೆ. ಇಲ್ಲಿ h = ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯತಾಂಕ.

n = ಪೂರ್ಣಾಂಕ. ಇದರ ಬೆಲೆಗಳು 1, 2, 3, 4 .... ಮಾತ್ರ ಇರಬೇಕು. ಈ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ನಿಗದಿಯಾದ ವರ್ತುಲ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ಆ ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥ (stationary orbits) ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ನಿಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಪಥಕ್ಕೂ ನಿಗದಿಯಾದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣವಿದೆ. ಒಂದು ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಧುಮುಕಿದರೆ, ಶಕ್ತಿವಿಕಿರಣ ವಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 3·6 ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣ

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (3.6) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ A ಎಂಬ ನಿಗದಿಯಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ ಅದರ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣ W_2 ಆಗಿರಲಿ. ಅಲ್ಲಿಂದ B ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವು $h\nu$ ಆಗಿರಲಿ.

ಆಗ, B ಪಥಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪ್ರಮಾಣವು W_1 ಅದರೆ,

$$W_2 - W_1 = h\nu$$

$$\nu = \frac{W_2 - W_1}{h} \tag{3.7}$$

ಈ ವಿಕಿರಣಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಪ್ರಕಾಶರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರವು λ ಆದರೆ,

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{(w_2 - w_1)} \qquad (c = \text{ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}) \quad (3\cdot8)$$

$\bar{\nu}$ ಎಂಬುದು ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆ $= \frac{1}{\lambda}$ ಆದರೆ

$$\bar{\nu} = \frac{w_2 - w_1}{hc} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (3\cdot9)$$

ಹೀಗಾಗಿ, ಭೋರ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ತತ್ತ್ವದ ನಿಯಮಗಳೂ, ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವದ ನವೀನ ನಿಯಮಗಳೂ ಮಿಲನವಾಗಿವೆ. ಈ ಮಿಲನದಿಂದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯವಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೂ ಹೊರಬಿದ್ದುವು. ಮೊದಲು, ಪಥಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು ಮುಖ್ಯವಾದುದು.

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ

$$mva = \frac{nh}{2\pi} \text{ ಮುಖ್ಯವಾದುದು.} \qquad (3\cdot10)$$

$n = 1,$ ಆದಾಗ $a = a_1$

$n = 2$,, $a = a_2$

$n = n$,, $a = a_n$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

a_1, a_2, a_3...... ಪ್ರಮಾಣಗಳು ನಿಗದಿಯಾದ ಪಥಗಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ a_1 ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ರೂಢಿಸಿದರೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$a_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 e^2 m} \qquad (3\cdot11)$$

$$a_n = \frac{h^2 \; n^2}{4\pi^2 \; e^2 \, m} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (3.12)$$

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಿರುವಾಗ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಅತಿಕನಿಷ್ಠವಾದ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯದ ಪಥ (ground orbit) ವೆಂದು ಕರೆಯುವುದು ವಾಡಿಕೆ.

ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

$h = 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕಂಡ್

$e = 4\cdot8 \times 10^{-10}$ e.s.u.

$m = 9.1 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ

ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ

$$a_1 = \frac{6\cdot6 \times 10^{-27} \times 6.6 \times 10^{-27}}{4\cdot\pi^2\cdot\ 4\cdot8^2 \times 10^{-20} \times 9.1 \times 10^{-28}}$$

$= 0.53 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗುತ್ತದೆ. (3·13)

ಇದು ಮಿಕ್ಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಮೊದಲನೆಯ ಸಮರ್ಥನೆ.

$$a_1 : a_2 : a_3 : \quad .. \quad .. \quad : a_n$$
$$1 : 4 : 9 : \quad .. \quad .. \quad : n^2$$

ಆಗುವುದರಿಂದ ಮಿಕ್ಕ ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಗಳೂ ನಿಗದಿಯಾದಂತಾಯಿತು.

n = ಪಥದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (quantum number of the orbit) ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಒಂದೊದು ಪಥಕ್ಕೂ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

n ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣ w_n ಆದರೆ,

$$w_n = -\tfrac{1}{2} \cdot \frac{e^2}{a_n}$$

$$= -\frac{2\pi^2\ m\cdot\ e^4}{n^2\ h^2}$$ ಆಗುತ್ತದೆ. (3·14)

ಇಲ್ಲಿ (–) ಸಂಕೇತವನ್ನೂ ಕೆಳಗಿರುವ n^2 ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶಗಳು ಇವು.

ಮೊದಲನೆಯ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು a_1 ಆದಾಗ, $n = 1$ ಆಗಿ,

$$w_1 = -\frac{2\pi^2 m\cdot e^4}{h^2}$$

$$= \frac{-2 \times \pi^2 \times 9\cdot1 \times 10^{-28} \times [4\cdot8 \times 10^{-10}]^4}{6\cdot6^2 \times 10^{-54}}$$

$= -2\cdot16 \times 10^{-11}$ ಎರ್ಗ್ ಆಗುತ್ತದೆ. (3.15)

$$w_2 = \frac{w_1}{4} = -0.54 \times 10^{11}$$ ಎರ್ಗ್

$$w_n = \frac{w_1}{n^2} = \frac{-2\cdot16 \times 10^{-11}}{n^2}$$ ಎರ್ಗ್ ಆಗುತ್ತದೆ (3·16)

ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ w_1 ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿದ್ದು w_2, ... ಮುಂತಾದವುಗಳೆಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದರ (—) ಅಥವಾ ಋಣ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಅದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೂ, ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, w_1, w_2 ......ಗಳಿಗೆ ಪರಮಾಣುವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಇದು 1 eV (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್) ಆಗಿದ್ದು
$1\ eV = 1{\cdot}6 \times 10^{-12}$ ಎರ್ಗ್ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$w_1 = \frac{-2.16\times 10^{-11}}{1{\cdot}6\times 10^{-12}} = -13{\cdot}6\ eV \qquad (3.17)$$

ಅಂದರೆ, 13.6 eV ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು, ಅಂದರೆ 13.6 eV ಮಾನದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿ (binding energy) ಯನ್ನಾಗಿ ಗಣಿಸಬಹುದು.

ಇದು ಎರಡನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶ. ಇದೂ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

ಇನ್ನು, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪಥಕ್ಕೆ ಧುಮುಕುವಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿವಿಕಿರಣವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

n_2 ಪಥದಿಂದ n_1 ಪಥಕ್ಕೆ ($n_2 > n_1$) ಬೀಳುವಾಗ ಉತ್ಸರ್ಜನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು

$$w_{n2} - w_{n1} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (3.18)$$

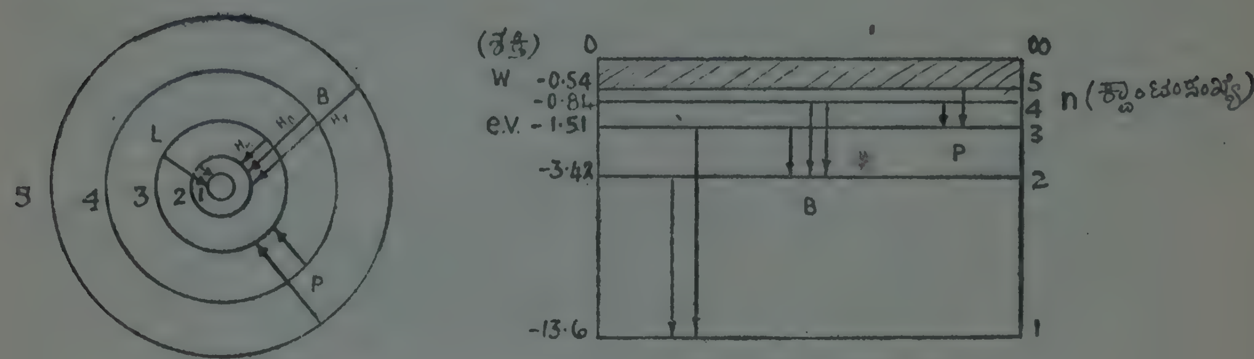
ಇದರ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆದರೆ,

$$\nu = \frac{w_{n2} - w_{n1}}{h} = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆಯು $\bar{\nu}$ $\left(\text{wave-number} = \frac{1}{\lambda}\right)$ ಆದರೆ,

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (3.19)$$

ಇದನ್ನು ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಯಿತು.



(a) (b)

ಚಿತ್ರ 3.7 ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪಥ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಚಿತ್ರ

1885ರಲ್ಲಿಯೇ ಬಾಮರ್ (Balmer) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆ $\left(\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}\right)$ ಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವಂತೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಈ ರೇಖೆಗಳು ಬಾಮರ್‌ರೇಖೆಗಳೆಂದೂ ಆ ಸೂತ್ರವು ಬಾಮರ್ ಸೂತ್ರವೆಂದೂ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯಾಗಿದೆ. ಅದು ಈ ರೀತಿಯಿದೆ :

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 3, 4, 5 \ldots \quad (3.20)$$

ಇಲ್ಲಿ Rಗೆ ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕ (Rydberg constant) ವೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿದೆ. ಇದರ ಬೆಲೆಯು $R = 109{,}720\ cm^{-1}$.

ಈ ಸೂತ್ರಕ್ಕೂ ಭೋರ್ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದ ಸೂತ್ರಕ್ಕೂ ಪದವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೋಲಿಕೆಯು ಕಂಡುಬಂದದ್ದರಿಂದ, ತನ್ನ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿದನು. ಈ ಹೋಲಿಕೆ ಸರಿಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ

$$R = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} \qquad (3.21)$$

$$n_1 = 2$$
$$n_2 = 3, 4, 5$$

ಆಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಬಹಳ ಸುಲಭ. ಏಕೆಂದರೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ

$$\frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} = \frac{2\cdot\pi^2\cdot 9\times 10^{-28}\times(4\cdot 8\times 10^{-10})^4}{(6\cdot 6\times 10^{-27})^3\times 3\times 10^{10}}$$

$$= \underline{109{,}678\ cm^{-1}} \qquad (3.22)$$

ಬಾಮರ್ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $R = 109{,}720\ cm^{-1}$

ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಈ ಎರಡು ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಸಮತ್ವವು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದುದು. ಮತ್ತು $n_1 = 2$, $n_2 = 4, 4, 5$ ಐದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಭೋರ್ ಪ್ರಕಾರ, $n_1 = 2$ ಎಂಬುದು 2 ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪಥ, ಹಾಗೆಯೇ, 3, 4, ... ಪಥಗಳು ಮೇಲಿನ ನಿಗದಿಯಾದ ಪಥಗಳೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಚಿತ್ರ 3.7 (a) ಮತ್ತು 3.7 (b) ಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೇಖೆಗಳು (Balmer lines) $H\alpha$, $H\beta$ .... ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಹೊಂದಿ

$$n_1 = 2,\ n_2 = 3\ldots \qquad (H_\alpha)$$
$$n_1 = 2,\ n_2 = 4\ldots \qquad (H_\beta)$$

ಈ ಪಥಗಳ ನಡುವೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಇದು ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯೇ ಕಾದಿದೆ. 2 ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪಥವು ಕೊನೆಯಾಗಿದ್ದು, 3, 4, 5 .... ಪಥಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಆ 2 ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದಾಗ, ಭೋರ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $(w_3 - w_2)$, $(w_4 - w_2)$ .... ಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ಶಕ್ತಿಗಳು ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತಿವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (a) ಮತ್ತು (b) ಗಳಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

H_α ರೇಖೆಗೆ $\bar{\nu} = \dfrac{2\pi^2 me^4}{h^3c}\left\{\dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{3^2}\right\}$ ಆಗಿ

$\lambda = \dfrac{1}{\bar{\nu}} = 6563\ A^\circ$ ಆಗುತ್ತದೆ. (3·23)

H_β ರೇಖೆಗೆ $\bar{\nu} = \dfrac{2\pi^2 me^4}{h^3c}\left\{\dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{4^2}\right\}$ ಆಗಿ

$\lambda = 4861\ A^\circ$ ಆಗುತ್ತದೆ. (3.24)

ಹೀಗೆಯೇ, ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಒಂದೊಂದು ರೇಖೆಗೂ ಗೊತ್ತಾದ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಭೋರ್ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲದೆ, ಲೈಮಾನ್, ಪಾಷನ್ (Lyman, Paschen) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಶ್ರೇಣಿಗಳಿಗೂ ಭೋರ್ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಲೈಮಾನ್ ಶ್ರೇಣಿಗೆ $\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $n = 2, 3, \ldots$ (3·25)

ಪಾಷೆನ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 4, 5, \ldots \quad (3\cdot26)$$

ಇದರ ವಿವರಣೆಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಚಿತ್ರ 3.7 (a) ಮತ್ತು (b) ಗಳಲ್ಲಿ ರೇಖೆಗಳ ಮೂಲಕ ಅರ್ಥವು ಸಿಕ್ಕುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಹೊಸ ತತ್ತ್ವಪ್ರತಿಪಾದನೆಗೆ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಸಮೀಕ್ಷೆಯಿಂದ ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು. ಅಂದಮೇಲೆ ತತ್ತ್ವದ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೆಂಬಲ ಬಂದಂತಾಯಿತು. ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಕಿರೀಟವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಜಲಜನಕ ಸಮಾನ (hydrogen-like) ವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಿ ನೋಡಿದನು. ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರಮಾಣ $= +2e$. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸುತ್ತಬೇಕು. ಆದರೆ, ಯಾವುದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊರದೂಡಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಳೆದುಕೊಂಡ (singly ionised) ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವೆಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟರೆ, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಇದಕ್ಕೂ ಸಾಮ್ಯವು ಬರುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ, ಕೇಂದ್ರದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ $+e$ಗೆ ಬದಲಾಗಿ $+2e$ ಇದೆ. 2 ಎಂಬುದನ್ನು z ಎಂಬ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

$$\frac{m\nu^2}{a} = \frac{Ze^2}{a^2} \text{ ಆಗಿ,}$$

$$a_n = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 m . Ze^2}$$

$$\text{ಮತ್ತು } w_n = -\frac{2\pi^2 m \cdot Z^2 e^4}{n^2 h^2}$$

$$\bar{\nu} = \frac{2\pi^2 m Z^2 e^4}{h^3 c} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \qquad (3.27)$$

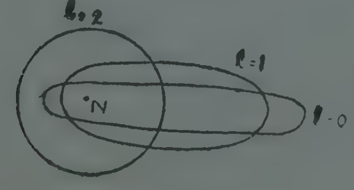
ಈ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ $Z = 2$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊಂದಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿ, ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗದೂರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಬಂದು ಅದರ ಮಹತ್ತ್ವವು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಯಿತು.

3.6 ಭೋರ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನ್ಯೂನತೆಗಳು

ಇದುವರೆಗೂ ತಿಳಿಸಲಾದ ಹಲವು ಅಂಶಗಳಿಂದ ಭೋರ್ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು. ಆದರೂ, ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದುದರ ಫಲವಾಗಿ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಗಳಿರುವಂತೆ ಗೋಚರವಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಪ್ರಧಾನರೇಖೆಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಮಂಕಾದ ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ಜಲಜನಕವನ್ನೇ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಅದರ H_a ಪ್ರಧಾನರೇಖೆಯೊಂದಿಗೆ ಕೆಲವು ಅಂಗರೇಖೆ (components) ಗಳು ಜೊತೆಯಲ್ಲಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇವುಗಳ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಮರ್‌ಫೆಲ್ಡ್ (Sommerfeld) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಭೋರ್ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದವು ಎರಡು ಸಲಹೆಗಳು.

(i) ಭೋರ್ ಭಾವಿಸಿದ್ದ ವರ್ತುಲ ಪಥಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುವ ಪಥವು ದೀರ್ಘವೃತ್ತದ (elliptic) ಆಕೃತಿಯಾಗಿರಬಹುದೆಂಬುದು ಒಂದು ಸೂಚನೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಗ್ರಹಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವ ಪಥಗಳು ದೀರ್ಘವೃತ್ತಗಳೇ ಆಗಿರುವ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು.



ಚಿತ್ರ 3·8

ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಪಥಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (n) ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಎರಡು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು (n_r ಮತ್ತು n_ϕ) ಇರಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತು. ಒಂದು ವೃತ್ತಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಅಸಮ ವೃತ್ತಗಳಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದೆ. ಈ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತು ವಾಗ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವ ಅವಕಾಶವಿದ್ದು ಆ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ, ಹಲವು ಸಮೀಪವರ್ತಿ ಯಾದ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅರ್ಥ ಬರುತ್ತದೆ.

(ii) ಮತ್ತೊಂದು ಸೂಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತದ ಪಥದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವಾಗ ವೇಗಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಒಂದೇ ಇರದೆ ಬದಲಾವಣೆ ಆಗುತ್ತವೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ವೇಗಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಜಡಾಂಶ (m) ದ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಈ ಎರಡು ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ ಸಾಮರ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೆಲವು ಹೊಸ ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, H_α ರೇಖೆಗೆ 3 ಅಂಗಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿರು ವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ H_α ಗೆ 5 ಅಂಗಗಳಿರುವುದರಿಂದ, ಸಾಮರ್ ಫೆಲ್ಡ್‌ಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಈ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರತಂತಾಗಲಿಲ್ಲ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದರೆ ವರ್ಣಪಟಲರೇಖೆಗಳು ವಿಭಾಗಹೊಂದಿ (split) ಸಂಯುಕ್ತ ರಚನೆಯನ್ನು (multiplet structure) ತೋರಿಸುತ್ತವೆಂದು ಜೀಮನ್ (Zeeman) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತೋರಿ ಸಿದನು. ಇದೊಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯದ ಘಟನೆಯಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಕ್ಲಿಷ್ಟಪಡಿಸಿತು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಜೀಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (Zeeman effect) ಯು ತೋರಿಸಿದಂತೆಯೇ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಬೇರ್ಪಡೆಗೆ ಸ್ಟಾರ್ಕ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (Stark effect) ಯು ಮತ್ತೊಂದು ತೊಡಕನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡಿತು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಹಲವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ಸಮಾ ಧಾನ ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ, ಭೋರ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಸರಳ ತತ್ತ್ವವು ವಿಫಲವಾಯಿತು. ಅದಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಿ, ಎಲ್ಲ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿರುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದವು. ಇವುಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಆಕೃತಿಗೆ ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿ (vector atom model) ಯೆಂದು ಹೆಸರಾಯಿತು. ಇದರ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ಈಗ ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು.

3.7 ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿ (Vector atom model)

ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಇರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಹೊಸಮಾದರಿಯ ಆಕೃತಿಯನ್ನೇ ರಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಈ ಆಕೃತಿಯ ಕಲ್ಪನೆಯು ರೂಪಿತವಾಗಿದೆ. ಇವರಲ್ಲಿ ಗೌಸ್‌ಮಿಟ್, ಪಾಲಿ, ಸ್ಟರ್ನ್, ಗರ್ಲ್ಯಾಕ್ (Gousmidt, Pauli, Stern, Gerlack) ಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ಈ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊಸದಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಎರಡು :

(i) ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುವ ಪಥಗಳ ದಿಕ್ ನಿರ್ದೇಶನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು (spatial quantisation).

(ii) ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (spinning electron).

ಈ ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಈಗ ವಿಶದವಾಗಿ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಭೋರ್, ಸಾಮರ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತಿರುಗುವ ಪಥಗಳು, ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಆಕಾರಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದುವು. ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳ ಆವರಣ (space) ದಲ್ಲಿ ಈ ಪಥಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡುವಾಗ, ಅವುಗಳು ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿನಕಡೆಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯವಾದುದು. ಈ ದಿಕ್ಕುಗಳು ಹಲವಾರು ಓರಣಗಳನ್ನು (orientations) ಹೊಂದಿರಬಹುದಾದರೂ, ಅವುಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ತಿರುಗಬಹುದಾದ ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಾಹ್ಯಬಲದ ಕ್ಷೇತ್ರದ (external field of force) ದಿಕ್ಕನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೂ ವಾಸ್ತವದಿಕ್ಕಿಗೂ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಪಥಗಳ ದಿಕ್ ನಿರ್ದೇಶನಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಲಂಬಿಸಿ (projections) ಆ ಪ್ರಲಂಬನಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿಸಬೇಕು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತಿರುಗುವ ಪಥಗಳನ್ನು ಸದಿಶ ಪಥಗಳಂತೆ (vector orbits) ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಜೀಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (Zeeman effect) ಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಯುಕ್ತರಚನೆ (multiplet structure) ಗೆ ಕಾರಣವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದಲ್ಲದೆ, ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಿರುವಂತೆ (spinning about its axis) ಭಾವಿಸಬೇಕೆಂದು 1925 ರಲ್ಲಿ ಗೌಸ್

ಮಿಟ್ ಮತ್ತು ಊಹ್ಲೆನ್‌ಬೆಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು (Gousmidt and Uhlenbeck) ತಮ್ಮ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಭೂಮಿಯು ಸೂರ್ಯ ಸುತ್ತಲೂ ಪಥದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತಲೂ 24 ಘಂಟೆಗಳಿಗೆ ಒಂಡಾವರ್ತಿ ಭ್ರಮಣವಾಡುವುದನ್ನೂ ಹೋಲಿಕೆಯಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಈ ಹೊಸ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಚಲನ ಪ್ರಮಾಣ (momenta) ಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವಿವಿಧ ಭೇದಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೋನಮಾಪಿತ ಚಲನ ಪ್ರಮಾಣ (angular momentum) ದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತು ವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ (orbital momentum) ; ಮತ್ತೊಂದು, ಭ್ರಮಣ ಚಲನದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಮಾಣ (momentum due to spin) – ಇವೆರಡನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು, ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಚಲನಗಳನ್ನೂ ಸದಿಶ (vectors) ಗಳನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೇವಲ ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವು (electric charge) ಸುತ್ತುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಮಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ (magnetic moment) ವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ ಅದರ ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ನಿಯಮಿತವಾಗುವಂತೆ ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ನಿರ್ದೇಶನಕ್ಕೆ ಹೊಸ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು (magnetic quantum numbers) ಬೇಕಾಗು ತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಆಕೃತಿಯು ಸದಿಶ ಪರ ಮಾಣು ಆಕೃತಿ (vector atom model) ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಎಲ್ಲ ಅಂಗಗಳೂ ಸದಿಶಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕು ಎಂಬ ಎರಡು ಅಂಗಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಬೇಕಾದ ಮುಖ್ಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು (quantum numbers) ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

3.8 ಸದಿಶ ಆಕೃತಿಗೆ ಅವಶ್ಯವಾದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ನಿರೂಪಣೆ (Quantum numbers associated with the vector atom model)

ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿರ್ದೇಶನಕ್ಕೆ ಏಳು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೂ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

(1) **ಮೊತ್ತ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ** (total quantum number) ... **n**
ಭೋರ್-ಸಾಮರ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಪ್ರಮೇಯಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಇದು ಪೂರ್ಣಾಂಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರ ಮೌಲ್ಯಗಳು :1, 2, 3

(2) **ಪಥದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ** (orbital quantum number) ... **l**
ಇದರ ಮೌಲ್ಯಗಳು 0,1, 2, 3, ... (n—1) ಆಗಿರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ, $n = 1, \quad l = 0$
$n = 2, \quad l = 0, 1$
$n = 3, \quad l = 0, 1, 2$
ಇತ್ಯಾದಿ

ಪಥದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ l ಆದರೆ ಅದರ ಚಲನಪ್ರಮಾಣವು

$p_l = \frac{lh}{2\pi}$ ಆಗಿರಬೇಕು.

(3) **ಭ್ರಮಣ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ** (spin quantum number) ... **s**
$s = \frac{1}{2}$ ಆಗಿದ್ದು ಇದರ ಚಲನ ಪ್ರಮಾಣ

$$p_s = \frac{sh}{2\pi} = \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$$

(4) **ಮೊತ್ತ ಕೋನಮಾಪಿತ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ** (total angular quantum number) ... **j**
l ಮತ್ತು s ಗಳನ್ನು ಸದಿಶ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (vectorially) ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ j ಬರುತ್ತದೆ.

ಮೊತ್ತ ಕೋನಮಾಪಿತ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ

$$= p_j = \frac{jh}{2\pi} \quad \ldots \quad j = l \pm \tfrac{1}{2}$$

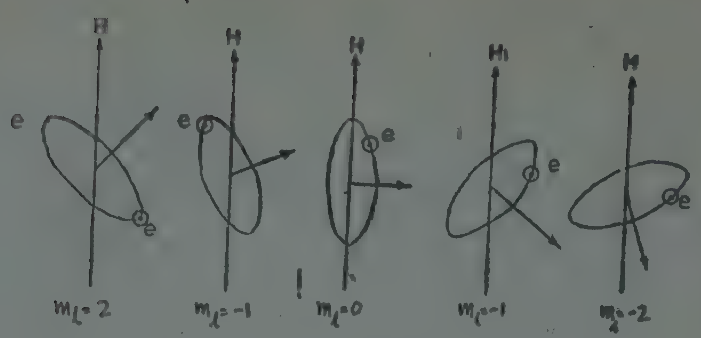
(5) ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ (magnetic field) ಒಳಪಡಿಸದರೆ, ಪಥಗಳ ನಿರ್ದೇಶನಗಳೆಲ್ಲ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದಿ ಅವುಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳೂ ಕೂಡ ಭಿನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು

ಕಾಂತೀಯ ಪಥ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (magnetic orbital quantum number) ... m_l

[l, (l — 1), (l — 2) ... 1, 0, — 1,... (—l-2), (—l-1), -l]

ಅಂದರೆ, l = 1 ಆದರೆ, m_l ಗೆ ಮಿತಿಗಳು 1, 0, – 1
l = 2 ಆದರೆ, m_l ಗೆ ಮಿತಿಗಳು 2, 1, 0 –1, – 2

m_l ನ ಒಂದೊಂದು ಮೌಲ್ಯವೂ ಒಂದೊಂದು ದಿಕ್ಕನ್ನು ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 3·9

(6) **ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಮಣ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ** (magnetic spin quantum number) ... m_s

ಇದಕ್ಕೆ ಇರಬಹುದಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಎರಡು

$$m_s = + \frac{1}{2} ; \; m_s = + \frac{1}{2}.$$

(7) **ಕಾಂತೀಯ ಮೊತ್ತ ಕೋನಮಾಪಿತ ಚಲನಪರಿಣಾಮ** (magnetic total angular momentum quantum number) ... m_j

ಇದರ ಮೌಲ್ಯಗಳು + j ಇಂದ – j ವರೆಗೆ (0 ಬಿಟ್ಟು).

ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ m_l ಮತ್ತು m_s ಗಳು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದು ಅವುಗಳ ಸದಿಶ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು L, S, J... ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

$$M_l = \Sigma m_l ; \; M_s = \Sigma m_s \; ...$$ ಇತ್ಯಾದಿ.

3.9 ಪೌಲಿ ನಿಯಮ (Pauli's exclusion principle)

ಸದಿಶ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿಯ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಉಪಯೋಗವು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶನ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು (electronic configuration) ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಮೊದಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪೌಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾದುದು. ಈ ನಿಯಮವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ: "ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣು ವಿನ ಒಂದೊಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯ" (Every completely defined quantum state in an atom can be occupied by only one electron). ಅಥವಾ, ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೂ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೂಪವು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ರೂಪಿಸುವಂತೆ ನಾವು ಮುಖ್ಯವಾದ 4 ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇವುಗಳು n, l, m_1 ಮತ್ತು m_s ಆಗಿರಬಹುದು.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಒಂದೊಂದು ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಇರಬಹುದಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಮಿತಿಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಯೂ ಪೌಲಿ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಹೋದಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಯುರೇನಿಯಂ ವರೆಗೆ ಆವರ್ತಕೋಷ್ಟಕ (periodic table) ದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಗಳ ರಚನೆಗಳನ್ನೂ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರಚನೆಯು ಗೊತ್ತಾದಮೇಲೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತಗುಣ ಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಗೂ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಮೊತ್ತಮೊದಲು n, l, m_l, ಮತ್ತು m_sಗಳ ವಿವಿಧ ಜೋಡಣೆಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅನುಸರಿಸಿದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ.

$$n = 1; \quad l = 0; \quad m_l = 0; \quad m_s = +\tfrac{1}{2}$$
$$n = 1; \quad l = 0; \quad m_l = 0; \quad m_s = -\tfrac{1}{2}$$

ಪೌಲಿ ನಿಯಮದಂತೆ, $n = 1$ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಎರಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಈ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಒಂದು ಗುಂಪು (group) ಅಥವಾ ಒಂದು ವಲಯದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ವಲಯಕ್ಕೆ K ವಲಯ (K shell) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವ ಪರಮಾಣುವು ಜಲಜನಕವಾದುದರಿಂದ ಇದರ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ K ವಲಯದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಹೀಗಿರಬೇಕು: $n = 1$, $l = 0$, $m_1 = 0$, $m_s = +\frac{1}{2}$ ಅಥವಾ $-\frac{1}{2}$. ಈ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅವಕಾಶವಿರುವು ದರಿಂದ, ಈ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ K ವಲಯದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

ಇದ್ದು ಇನ್ನೊಂದು ಸ್ಥಾನ ಖಾಲಿ ಇದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ವಲಯವು ಅಪೂರ್ಣವಾದುದು. ಈ ಅಂಶವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಇದನ್ನು ಮುಂದೆ ವಿವರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. $l = 0$ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ s ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸಂಕೇತವು 1 s ಎಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿವೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳೆರಡು K ವಲಯದಲ್ಲಿನ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ K ವಲಯವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ($1 s^2$) ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $n = 1$ (K ವಲಯ). $1s^2$ ಎಂದರೆ K ವಲಯದಲ್ಲಿರಬೇಕಾದ 2s ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ತುಂಬಿ ಅದು ಭರ್ತಿಯಾಗಿದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ. ಭರ್ತಿಯಾದ ವಲಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಜಡಗುಣ (inert) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

ಇನ್ನು 3 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವ ಪರಮಾಣುವು ಲಿಥಿಯಂಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು (Li). ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ K ವಲಯದಲ್ಲಿದ್ದು ಮೂರನೆಯದು ಇನ್ನೊಂದು ವಲಯಕ್ಕೆ ಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು $n = 2, l = 1, m_l = 0 \quad m_s = +\frac{1}{2}$ ಇರಬಹುದು.

$n = 2$ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿರುವ ವಲಯಕ್ಕೆ L ವಲಯವೆಂದು ಹೆಸರು. ಈ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಪೌಲಿ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಬಹುದು. ಅದರ ಪ್ರಕಾರ L ವಲಯದ ರಚನೆ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ :

L ವಲಯ $n = 2$.

$$\left.\begin{array}{lll} l = 0, & m_l = 0, & m_s = +\frac{1}{2} \\ l = 0, & m_l = 0, & m_s = -\frac{1}{2} \end{array}\right\} \text{ಎರಡು ‘s’ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು.}$$

$$\left.\begin{array}{lll} l = 1 & m_l = 0 & m_1 = +\frac{1}{2} \\ l = 1 & m_l = 0 & m_s = -\frac{1}{2} \\ l = 1 & m_l = 1 & m_s = +\frac{1}{2} \\ l = 1 & m_l = 1 & m_1 = -\frac{1}{2} \\ l = 1 & m_l = -1 & m_1 = +\frac{1}{2} \\ l = 1 & m_l = -1 & m_s = -\frac{1}{2} \end{array}\right\} \text{ಎರಡು ‘p’ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು.}$$

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ L ವಲಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಉಪವಲಯಗಳಿದ್ದು
ಒಂದರಲ್ಲಿ 2 s ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು
ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದರಲ್ಲಿ 6 p ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು
ಅಂತು ಒಟ್ಟು 8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಲಿಥಿಯಂನಿಂದ ನಿಯಾನ್‌ವರೆಗೆ ಹೋದರೆ,

L ವಲಯದ ಸ್ಥಾನಗಳೆಲ್ಲ ಕ್ರಮೇಣ ಭರ್ತಿಯಾಗಿ ನಿಯಾನ್‌ನಲ್ಲಿ L ವಲಯವು ಪೂರ್ಣಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ನಿಯಾನ್‌ನಲ್ಲಿ K ವಲಯದ 2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು
L ವಲಯದ 8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು

ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿದ್ದು ಎರಡು ವಲಯಗಳು ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ನಿಯಾನ್ ಕೂಡ ಹೀಲಿಯಂನಂತೆ ಜಡವಸ್ತುವಿನ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನುಮುಂದೆ 11 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, 10 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು K ಮತ್ತು L ವಲಯಗಳನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡಿ ಉಳಿದ 11ನೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮುಂದಿನ ವಲಯವಾದ M ವಲಯದಲ್ಲಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

M ವಲಯದಲ್ಲಿ $n = 3$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅದರಲ್ಲಿ $l = 0, l = 1, l = 2$ ಇರುವ ಉಪವಲಯಗಳನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡುತ್ತಹೋದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ, 2, 6, 10 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಲು 18 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೂ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತಹೋದರೆ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕ್ರಮ ಮತ್ತು ಶಿಸ್ತು ಇರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

(1) ಅಂದರೆ, ವಿವಿಧ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತಾದ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ.

(2) ಈ ಜೋಡಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಲಯಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು K, L, M, N, O, P ಎಂಬ ಸಂಕೇತಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಭೇದವು ಮೊತ್ತ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದ n ನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

n	1	2	3	4	5	6	7
ವಲಯ	K	L	M	N	O	P	Q

(3) ಒಂದೊಂದು ವಲಯದಲ್ಲಿಯೂ ಉಪವಲಯ (subshells) ಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಭೇದವು l ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

$l = 0$	ಇದ್ದರೆ	s
$l = 1$	,,	p
$l = 2$	,,	d
$l = 3$	,,	f

ಎಂಬ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ ಆಯಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

(4) ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಧಾನ ವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಆ ವಲಯದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (n) ಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪೌಲಿ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಈ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮಿತಿಯು $2n^2$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿವಿಧ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಉಚ್ಚ ಮಿತಿಯು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ವಲಯ	n	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಉಚ್ಚಮಿತಿ $= 2n^2$
K	1	2
L	2	8
M	3	18
N	4	32
O	5	50
P	6	72

(5) ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಭರ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗುವಾಗ, K ವಲಯದಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಮಾಡಿ, ಕ್ರಮವಾಗಿ ಮಿಕ್ಕ ವಲಯಗಳನ್ನು ತುಂಬುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕಾದರೂ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನೋಡಿದಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿಯು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಪಾಲಿಸಿಲ್ಲ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಹೊಂದುವಿಕೆಯು ಮತ್ತು ಇತರ ದೃಷ್ಟಿಗಳಿಂದಲೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಲಯದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಉಪ

ವಲಯಗಳನ್ನು ಖಾಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮುಂದಿನ ವಲಯಕ್ಕೆ ಹೋಗಬೇಕಾಗಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾದರೂ, ಪೌಲಿ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಚ್ಯುತಿಯಿಲ್ಲದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

(6) ಈ ವಿವಿಧ ದೃಷ್ಟಿಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತಗುಣಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಗೂ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೂ ಸೂಕ್ತವಾದ ಪರಿಹಾರ ದೊರಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇವು ಅತಿಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳಾದುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

3.10 ತರಂಗಚಲನೆಯ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿ (Wave – Mechanical atom model)

ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹಲವಾರು ತೊಡಕುಗಳು ಪರಿಹಾರ ಹೊಂದುವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತರೂ ಕೂಡ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನೋಡಿದರೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಅಷ್ಟು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿಯೂ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿಯೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಸಂದರ್ಭಾನುಸಾರವಾಗಿ (ad hoc) ನಾವು ರಚಿಸಿದ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧವಾಗಿಯೂ, ಕೃತಕವಾಗಿಯೂ, ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳಹದಿಯು ಅಷ್ಟು ಭದ್ರವಾಗಿಲ್ಲದಂತೆಯೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ನ್ಯೂನತೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯವಾದವನ್ನು ಈಗ ಗಮನಿಸಬೇಕು.

(i) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭ್ರಮಣ (electron-spin) ಕ್ಕೆ ನಾವು ಕೊಟ್ಟ ಮೌಲ್ಯವು ಪೂರ್ಣಾಂಕವಾಗಿರದೆ $\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಿಲ್ಲದೆ ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಇದಕ್ಕೆ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲ.

(ii) ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು (energy states) ನಿಗದಿ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಕೃತಕವಾಗಿವೆ. ಮತ್ತು ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಧುಮುಕುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದೆಂಬುದು ಕೂಡ ಅಸಹಜವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ.

(iii) ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಒಂದು ವಿಧದಲ್ಲಿ ತ್ಯಜಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅದನ್ನೇ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು – ಇದು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ತೋರುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ತರಂಗದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸಬೇಕಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ನಂತರ ನಮ್ಮ ಮೂಲಭಾವನೆಗಳಿಗೇ ಧಕ್ಕೆ ಬಂದಂತೆ ಅರ್ಥವಾಯಿತು. ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗ ಎಂಬ ಎರಡು ಮುಖಗಳಿರುವುದನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರೆ, ಹಿಂದಿನ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳೆಲ್ಲವೂ ಮಾರ್ಪಾಡು ಹೊಂದಬೇಕು.

ಇದುವರೆಗೂ ನಾವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರತಕ್ಕ ಕಣವೆಂದೂ ಇದರ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದೂ ತಿಳಿದಿದ್ದೆವು. ಅದಕ್ಕೆ ತರಂಗಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಈ ತರಂಗಚಲನೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ರೂಪಿಸಬೇಕು. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಯಾವ ಮೂಲದಿಂದಲಾದರೂ ಹೊರಬಿದ್ದ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ (free) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಗೂ, ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳಿಗೂ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಸ್ವಲ್ಪದೂರ ಹಬ್ಬಿದಮೇಲೆ ಅವುಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುವಂತೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಪ್ರಭಾವವು ತಗ್ಗುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಅಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು, ಕೇಂದ್ರದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲ್ಲೆಯನ್ನು ಮೀರಿ ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ನಿರ್ಬಂಧಕ್ಕೊಳಗಾಗುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಪ್ರತಿಬಂಧಕಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ, ಸ್ಥಾಯೀ ಅಲೆಗಳ (stationary waves) ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅಲೆಗಳ ಹೋಲಿಕೆಯನ್ನೇ ಮುಂದುವರಿಸಿದರೆ, ಸ್ಥಾಯೀ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಯೀ ಬಿಂದುಗಳು (nodes and anti-nodes) ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ತರಂಗ ಚಲನೆಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಈಗ ತಿಳಿಸಿದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ ಅದರ ಫಲತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹಿಂದಿನ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಅರ್ಥಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ :

(1) ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ವೈಯಕ್ತಿಕವಾದ ಕಣದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಬೇಕು. ಅದು ಒಂದು ನಿಗದಿಯಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವುದೆಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಬಿಡಬೇಕು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಂಭವನೀಯತೆ (probability) ಯನ್ನು ಇಡೀ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆ ವ ರ ಣ ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಅದಕ್ಕೆ, ಇದರ ಹಂಚಿಕೆಯು

ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆಯೇ ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವ ಸಂಭವನೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

(2) ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಅಡಗಿರುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ಪಷ್ಟ ಚಿತ್ರವು ಹೋಗಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಮಸುಕಾದ ಆಕೃತಿ (nebulous picture) ಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲ್ಲೆಗೆ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಅದರ ಹೊರಗಡೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಾಣುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಅತ್ಯಲ್ಪ ವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

(3) ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ಥಾಯೀಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಅರ್ಥವು ಬರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗುವ ಸ್ಥಾಯೀ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟ ಒಂದು ತರಂಗ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಿಷ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿದರೆ, ಅದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾದರೆ (solution) ಅದರ ಗುಣಾಂಕ (coefficients) ಗಳಿಗೆ ಕೆಲವು ಸೂಕ್ತವಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವು ಗಳು ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಾಗಿಯೂ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನಾಂಶ ಗಳಾಗಿಯೂ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನೇ ನಾವು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿ ಎಣಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

(4) ನಮ್ಮ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯೀ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ನಿಯತ ವಾಗಿದ್ದು ಕಾಲದೊಂದಿಗೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ (Charge density at a point is independent of time). ಅಂದರೆ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಸಂಚಾರಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಸಾರವೂ ಆಗುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಇದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರದೆ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(5) ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೂ ಹೊಸ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ವಿವಿಧ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಏಕಕಾಲ ದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದರೆ, ತುಡಿತಗಳು (beats) ಉಂಟಾಗುವುವೆಂದೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮೂಲ ಕಂಪನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದೂ ನಾವು ಅಲೆಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇದೇ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಎರಡು ವಿವಿಧ ಮಾದರಿಗಳನ್ನುಳ್ಳ

ಸ್ಥಾಯೀ ಅಲೆಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ಮಿಲನ (super-position) ದಿಂದ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಏರಿಳಿತಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆ ಆಗುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಈ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಾಲಾನುಗುಣವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಸ್ಪಂದನಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಆ ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ : $\nu_L = (\nu_1 - \nu_2)$ ಆಗುತ್ತದೆ. (3·28)

ತರಂಗಚಲನದ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಸ್ಥಾಯೀ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ W = ಶಕ್ತಿಯಾದರೆ, $W = h\nu$. ಇಲ್ಲಿ $\nu =$ ಆ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ.

$$\therefore \nu_L = \frac{W_1 - W_2}{h} = \frac{h\nu_1 - h\nu_2}{h} = (\nu_1 - \nu_2)$$

ಆಗುತ್ತದೆ. (3·29)

ಇದು ಬೋರ್ ಕಲ್ಪನಾಂಶಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಿಲ್ಲ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ತರಂಗಚಲನೆಯ ಆಕೃತಿಯು ಒಂದು ಸಮಂಜಸವಾದ ಸಮಗ್ರಚಿತ್ರವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಕೃತಕವಾಗಿ ತೋರುತ್ತಿದ್ದ ಹಿಂದಿನ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳಹದಿಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಪರಮಾಣು ತತ್ತ್ವವು ಒಂದು ಪ್ರಗತಿಯ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಂತಾಗಿದೆ. ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ತರಂಗಚಲನೆಯ ಆಕೃತಿಯು ಸಹಜವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ 4

ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳು—ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು

4.1 ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕ—ಮೆಂಡಲೀಫ್ (The Periodic Table—Mendeleef)

ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ನಿಯಮವು ಏಕಕಾಲಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ. ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯಭಾಗದೊಳಗೆ ಅಂದಿನವರೆಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿದ್ದ ಎಲ್ಲ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತು (elements) ಗಳ ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಇವುಗಳನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಸ್ತುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳಿಗೂ ಏನಾದರೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಿರತರಾಗಿದ್ದರು. ನ್ಯೂಲೆಂಡ್ಸ್ ಎಂಬ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೂಲಭೂತವಸ್ತುಗಳ ಜೋಡಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಷ್ಟಕನಿಯಮ (law of octaves) ವಿರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಏರುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, 1, 8, 15 .... (ಅಂತರ 7) ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವಸ್ತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಿದನು. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ಮನ್ನಣೆ ದೊರಕಲಿಲ್ಲ.

1869 ರಲ್ಲಿ ಮೆಂಡಲೀಫ್ (Mendeleef) (1834-1907) ಎಂಬ ರಷ್ಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷದ ಸತತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಇವನ ಪ್ರಕಟನೆಗೆ ಕೆಲವು ತಿಂಗಳ ಹಿಂದೆ ಇದೇ ತೆರನಾದ ಒಂದು ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಲೋಥರ್ ಮೇಯರ್ (Lothar Meyer) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ್ದರೂ, ಅವನು ಪ್ರಕಟನೆ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಮೆಂಡಲೀಫ್‌ಗಿಂತ ಎಂಟು ತಿಂಗಳು ತಡವಾದ್ದರಿಂದ, ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಅಗ್ರಸ್ಥಾನವು ಮೆಂಡಲೀಫ್‌ಗೆ ದೊರಿತು ಅವನ ಹೆಸರಿನಿಂದಲೇ ಈಗಲೂ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯಾಗಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಘಟ್ಟವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಮೆಂಡಲೀಫ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಶೋಧಕನೋ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ತತ್ತ್ವಜ್ಞಾನಿಯೂ ಹೌದು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಬಾಹ್ಯ ವೈವಿಧ್ಯದ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಸರಳ ನಿಯಮದ ಐಕ್ಯತೆಯು ಇರಬೇಕೆಂಬ ದೃಢ

ವಿಶ್ವಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದನು. ಆ ನಿಯಮದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ಅವನು ಕೆಲವು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿಯೇ ಭವಿಷ್ಯವಾದಿ (prophet) ಯಂತೆ ತಿಳಿಸಿದನು. ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ದೊರಕಿತು. ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯು ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಅಂಥ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ – ಹಾಗೂ ದಿಟ್ಟತನದ ಭವಿಷ್ಯವಾದಿಗಳ – ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ಮುಂದುವರಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈಗ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ಅಂಶಗಳ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

(1) ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಮೂಲಭೂತವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕ್ರಮದಿಂದ ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಅವುಗಳ ಗುಣ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕ್ರಮವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

(2) ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳು ಬಹಳ ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾಗಿ ಇರಬಹುದು (ಉದಾ: ಪ್ಲಾಟಿನಂ, ಇರಿಡಿಯಂ, ಆಸ್ಮಿಯಂ) ಅಥವಾ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರಬಹುದು (ಪೊಟಾಸಿಯಂ, ರುಬಿಡಿಯಂ, ಸೀಸಿಯಂ).

(3) ಈ ವಿಧವಾದ ಜೋಡಣೆಗಳಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ ಸಂಯೋಜಕಸಾಮರ್ಥ್ಯ (valencies) ಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಸಂಬಂಧವಿರುತ್ತದೆ.

(4) ಮೂಲಭೂತವಸ್ತುವಿನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು ಇದರ ಪರಮಾಣುತೂಕದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ.

(5) ಈ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಜೋಡಣೆಯಿಂದ, ಇದುವರೆಗೂ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲಾಗದ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎಂಬ ಭವಿಷ್ಯವನ್ನು ನುಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾ: ಅಲುಮಿನಿಯಂ ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್ (ಪರಮಾಣುತೂಕದ ಅವಧಿ 65–75) ಗಳ ನಡುವೆ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಬಹುದು.

(6) ಈ ಜೋಡಣೆಯ ಮತ್ತೊಂದು ಉಪಯೋಗವೇನೆಂದರೆ, ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದು.

ಈ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಮಾಡಿದ್ದರ ಫಲವೇ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕ (periodic table). ಇದರ ಸ್ಥೂಲರೂಪವನ್ನು ಪುಟ 85 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ 63 ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಗಿತ್ತು. ಆ 63 ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಚೀಟಿ (cards) ಗಳನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಆ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೂ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದ ಎಲ್ಲ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳನ್ನೂ ಸೂಚಿಸಿದ್ದನು. ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಸೂಚಿ ಚೀಟಿಗಳನ್ನೂ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಗೋಡೆಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕ್ರಮವಾಗಿ ನೇತುಹಾಕಿದನು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಜಲ

ಆವರ್ತ	ಗುಂಪು I	ಗುಂಪು II	ಗುಂಪು III	ಗುಂಪು IV	ಗುಂಪು V	ಗುಂಪು VI	ಗುಂಪು VII	ಗುಂಪು VIII	ಗುಂಪು 0 (Zero)
1	^{1}H 1·008								^{2}He 4·003
2	^{3}Li 6.94	^{4}Be 9·02	^{5}B 10.82	^{6}C 12·01	^{7}N 14	^{8}O 16	^{9}F 19		^{10}Ne 20.18
3	^{11}Na 23	^{12}Mg 24.3	^{13}AL 27	^{14}Si 28	^{15}P 31	^{16}S 32	^{17}Cl 35.46		^{18}A 39.9
4	^{19}K 39 ^{29}Cu 63.5	^{20}Ca 40 ^{30}Zn 65·38	^{21}Sc 45·1 ^{31}Ga 69·78	^{22}Ti 47·9 ^{32}Ge 72.6	^{23}V 51 ^{33}As 75	^{24}Cr 52 ^{34}Se 79	^{25}Mn 55 ^{35}Br 80	^{26}Fe ^{27}Co 55.8 58.9 ^{28}Ni 58.7	^{36}Kr 84
5	^{37}Rb 85				^{51}Sb 121·76	^{52}Te 127.61	^{53}I 127		^{54}Xe 131
6	^{79}Au 197·2	^{80}Hg 200·6	**57–71** Rare Earth					^{76}Os ^{77}Ir ^{78}Pt	^{86}Rn 222
7		^{88}Ra 226	**89–103**	Actinide series					
6	**57 – 71**	La to Lu	ಅಪೂರ್ವ ಲೋಹ ಭಸ್ಮಗಳು						
7	**89—103**	Ac —	ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿ						

ಚಿತ್ರ 4·1 ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕ

ಜನಕದಿಂದ ಹಿಡಿದು ಯುರೇನಿಯಂ ವರೆಗೆ ಎಲ್ಲ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳೂ ಇದ್ದುವು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕ, ಜಲಜನಕ, ಕ್ಲೋರಿನ್ ಮತ್ತು ಸಸಾರಜನಕಗಳು ಅನಿಲಗಳು. ಪಾದರಸ ಮತ್ತು ಬ್ರೋಮಿನ್‌ಗಳು ದ್ರವಗಳು. ಉಳಿದ ಘನವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಗಡಸಾದ ಲೋಹಗಳು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಮತ್ತು ಇರಿಡಿಯಂ; ಮೆದು ಲೋಹಗಳು ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ತೇಲುವ ಲಿಥಿಯಂ ಮತ್ತು 22.5 ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಆಸ್ಮಿಯಂ ಇದ್ದುವು. ಇವುಗಳ ವರ್ಣಗಳ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯೂ, ಮೇಲ್ಮೈ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳೂ, ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಗುಣವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳೂ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದ್ದವು.

ಇಷ್ಟು ಭಿನ್ನ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಏನಾದರೂ ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನು ಕಾಣಲಾದೀತೇ ಎಂಬುದೇ ಮೆಂಡಲೀಫ್‌ನ ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸರಳ ನಿಯಮವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕೆಂಬ ದೃಢನಂಬಿಕೆ ಅವನಿಗಿದ್ದಿತು. ಇದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಪಟ್ಟಮಾಟದ್ದ 63 ವಸ್ತುಗಳ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದಮೇಲೆ, ಮೊದಲಿನ ಅಡ್ಡಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಲಿಥಿಯಂನಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಫ್ಲೋರೀನ್‌ವರೆಗೆ ಅನುಕ್ರಮವಾದ ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿದನು. ಅದರಿಂದ ಮೊದಲನೆಯ ಪಂಕ್ತಿಯ 7 ವಸ್ತುಗಳು ಮುಗಿದವು. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ 7 ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎರಡನೆ ಅಡ್ಡಸಾಲಿನಲ್ಲಿಟ್ಟು 3ನೆಯ ಸಾಲನ್ನು ಪೊಟಾಸಿಯಂನಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿದನು. ಹೀಗೆ ಒಂದೊಂದಕ್ಕೂ ಒಂದೊಂದು ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತಾಹೋದಾಗ ಒಂದು ಮುಖ್ಯಸಾಮ್ಯವು ಅವನಿಗೆ ಈ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

(i) ಉದ್ದನೆಯ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾ: Li, Na, K ......
ಎರಡನೆಯ ಉದ್ದನೆಯ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ Be, Mg, Ca ...... ಇತ್ಯಾದಿ ವಸ್ತುಗಳೂ ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

I	Li (7)	Be (9)	B (11)	C (12)	N (14)	O (16)	F (19)
II	Na (23)	Mg (24)	Al (27)	Si (28)	P (31)	S (32)	Cl (35.5)
III	K (39)	Ca (40)	—	Ti (48)	V (51)	Cr (52)	Mn (55)
	Cu (63)	Zn (65)	—	—	As (75)	Se (79)	Br (80)

ಚಿತ್ರ 4·2 ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಸ್ಥಾನಕಲ್ಪನೆ

(ii) ಒಂದನೆಯ ಅಡ್ಡಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ನಾವು ಮುಂದುವರಿದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಸಂಯೋಜನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (valency) ವು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಏರುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಉದ್ದನೆಯ ಸಾಲಿನ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಯೋಜನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಉದಾ :	Li, Na, K ...	ಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಸಂಯೋಜನಸಾಮರ್ಥ್ಯವು	1
	Be, Mg, Ca ...	ಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಸಂಯೋಜನಸಾಮರ್ಥ್ಯವು	2
	B, Al, ...	ಗಳಿಗೆ ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು	3

ಇದೊಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸಾಮ್ಯದ ವಿಷಯ.

(iii) ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ಅಂಕಣದಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುತ್ತ ಹೋಗುವಾಗ, ಮೆಂಡಲೀಫ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಖಾಲಿಯಾಗಿಟ್ಟನು (ಚಿತ್ರ 4.2). ಇದರ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ, ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರಬೇಕಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಈಗ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿಲ್ಲವಾದರೂ, ಮುಂದೆಯಾದರೂ ಅದು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸಿಕ್ಕಿಯೇ ಸಿಕ್ಕಬೇಕು. ಇಂಥ ಮೂರು ಸ್ಥಾನಗಳು ಉದ್ದನೆಯ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಮೂರನೆಯ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ Al ಕೆಳಗೆ ಎರಡನ್ನೂ, ನಾಲ್ಕನೆಯ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ Si ಕೆಳಗೆ ಒಂದನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಅವನು ತೋರ್ಪಡಿಸಿದ ಭವಿಷ್ಯನುಡಿಯು ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇದು ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿಯೇ ಹೌದು. Ca ಮತ್ತು Ti ಗಳಿಗೆ ನಡುವೆ ಅವನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಇಕ-ಬೋರಾನ್ (eka-boron) ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟು ಅದು ಬೋರಾನ್‌ಗೆ ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರಬೇಕೆಂದು ಹೇಳಿದನು. ಹೀಗೆಯೇ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ (Al) ನ ಕೆಳಗಡೆ ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾನಗುಣಗಳುಳ್ಳ ವಸ್ತುವಿರಬೇಕೆಂದೂ ನಂಬಿ ಅದಕ್ಕೆ ಇಕ-ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ (eka-aluminium) ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದನು. ಹಾಗೆಯೇ ನಾಲ್ಕನೆಯ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಆರ್ಸೆನಿಕ್ (As) ಗೆ ಮುಂಚೆ ಸಿಲಿಕಾನ್ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದ ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಇಕ-ಸಿಲಿಕಾನ್ (eka-silicon) ಎಂದು ಕರೆದನು.

ಈ ಭವಿಷ್ಯನುಡಿಯು ಎಲ್ಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನೂ ಚಕಿತಗೊಳಿಸಿತು. ಆದರೆ, ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳನಂತರ ವಿಂಕ್ಲರ್ (Winkler) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಆರ್‌ಗಿರೋಡೈಟ್ (argyrodite) ಎಂಬ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಅದುರಿನಿಂದ ಬೂದುಬಣ್ಣದ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದನು. ಅದರ ಪರಮಾಣುತೂಕ 72.3 ಮತ್ತು

ಸಾಂದ್ರತೆ 5.5. ಇದರ ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಕನಸುಕಂಡ ಇಕ-ಸಿಲಿಕಾನ್‌ಗೆ ಸಮಾನವಾದುವು. ಇದರ ಹೆಸರನ್ನು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ (germanium) ಎಂದಿಟ್ಟನು. ಇದಕ್ಕೆ ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖಸ್ಥಾನವಿದೆ. ಇದು ಆರ್ಸೆನಿಕ್‌ಗೆ ಹಿಂದೆ ತನ್ನ ನಿರ್ದಿಷ್ಟಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದೆ. ಹೀಗೆಯೇ 1875 ರಲ್ಲಿ ಲೆಕಾಕ್ ಡಿ ಬೋಯಿಸ್ ಬೌದ್ರಾನ್ (Bois Baudran) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸತುವಿನ ಅದುರಿನಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದ ಲೋಹವಸ್ತುವೇ ಮೆಂಡಲೀಫ್‌ನ ಇಕ-ಅಲೂಮಿನಿಯಂ ಆಯಿತು. ಆದರೆ ಅದರ ಹೊಸ ನಾಮಧೇಯವು ಗ್ಯಾಲಿಯಂ (Ga) ಆಯಿತು. ಅದಕ್ಕೆ ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ ಹಿಂದಿನ ಸ್ಥಾನವು ಕಾದಿರಿಸಿತ್ತು. ನಿಲ್‌ಸನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಇಕ-ಬೋರಾನ್ ಎಂಬ ಕನಸಿನ ಲೋಹವನ್ನು ಯುಕ್ಸೆನೈಟ್ (euxenite) ಅದುರಿನಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದನು. ಇದಕ್ಕೆ ಹೊಸ ಹೆಸರು ಸ್ಕ್ಯಾಂಡಿಯಂ (scondium) ಆಗಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನವು ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ನಂತರ ಇದ್ದ ಖಾಲಿಜಾಗವನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡಿತು.

ಹೀಗಾಗಿ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಬ್ಬ ಸಮರ್ಥ ಭವಿಷ್ಯವಾದಿಯೂ ಆದನು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಆಂತರಿಕ ಸರಳತೆಯನ್ನು ದೃಢವಾಗಿ ನಂಬಿದ್ದರಿಂದಲೇ ಅವನಿಗೆ ಈ ಯಶಸ್ಸು ಲಭಿಸಿತು.

(iv) ಇದೇ ನಂಬಿಕೆಯಿಂದಲೇ ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದನು. ಇವುಗಳು ಕೂಡ ಸಮರ್ಥನೆಹೊಂದಿದುವು. ಇದು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಮತ್ತು ಚಿನ್ನ (Pt and Au) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಿಕೊಂಡು, ಮೆಂಡಲೀಫ್ ಸೂಚಿಸಿದಂತೆಯೇ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ನಂತರ ಚಿನ್ನಕ್ಕೆ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಹೀಗಾಗಿ, ಬೋಲ್ಟನ್ ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನುಡಿದಂತೆ "ಬಹಳಕಾಲದಿಂದಲೂ, ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಮೀಸಲಾಗಿದ್ದ ಭವಿಷ್ಯನುಡಿಯುವ ಶಕ್ತಿಯು ಈಗ, ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ನಿಯಮದಿಂದ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಲಭಿಸಿದಂತಾಯಿತು."

4.2 ಪೂಜ್ಯ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳು

(Elements belonging to the zero group)

ಮೆಂಡಲೀಫ್ ತನ್ನ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದ 25 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ, ಅವನು ಕನಸುಕಾಣದಂಥ ಆರು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ರ್‍ಯಾಂಸೆ ಮತ್ತು ರ್‍ಯಾಲೆ (Ramsay and Rayleigh) ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು

ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಅತಿ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ, ರ್‍ಯಾಂಸೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಥಮ ಪಾಠವನ್ನು ಆಟದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿದ್ದ ಒಂದು ಘಾಯದಿಂದ ಚೇತರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಲಿತನು. ಅದು ಸಿಡಿಮದ್ದಿನ (gun-powder) ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿವರಣೆ. ಹೀಗೆಯೇ, ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಅಲ್ಪ ಸೇವೆಯನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸಬೇಕೆಂಬ ಸಂಕಲ್ಪವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದ ರ್‍ಯಾಲೆಯೂ ಕೂಡ ರ್‍ಯಾಂಸೆಯ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಯಾದನು. ಆದರೆ ಇವರು ತೊಡಗಿದ್ದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಅತಿ ಮಹತ್ತ್ವದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಹೊಂದಿದುವು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾಳಿ (air) ಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದ್ದ ಹಲವು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಅವುಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದರು. ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಗೂ ಅತ್ಯಂತ ಕುಶಲತೆಗೂ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿದ ಮೊದಲನೆಯ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಏರಾನ್ (aeron) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬೇಕಾಗಿದ್ದು ಆರ್ಗಾನ್ (argon) ಆಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು – ಇದರ ಸಮೀಪ ಬಂಧುಗಳಾದ ನಿಯಾನ್, ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್, ಕ್ಸೀನಾನ್, ರೇಡಾನ್‌ಗಳೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು (Ne, Kr, Xe, Rn). ಹೀಲಿಯಂನೊಂದಿಗೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ ಒಟ್ಟು ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಆರು ಅನಿಲಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇವರು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕರಣಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಗಾಳಿಯ ತೂಕ 120 ಟನ್‌ಗಳು. ಇವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ತ್ರಾಸಿನಲ್ಲಿ (micro-balance) ಒಂದು ಔನ್ಸಿನ 7×10^{-14} ಭಾಗದ ತೂಕದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯಿದ್ದಿತಂತೆ! ರೇಡಾನ್ (Rn) ಅನಿಲದ ತೂಕದ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ 10 ಲಕ್ಷ ಭಾಗದಷ್ಟು (10^{-6} gm) ಇದ್ದಿತಂತೆ.

ಈ ಆರು ಅನಿಲಗಳೂ ಅಪೂರ್ವ ಅನಿಲಗಳೆಂದೂ, ಘನ ಅನಿಲಗಳೆಂದೂ (rare, noble gases) ಹೆಸರಾಗಿ ಇವುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಏನೂ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಲ್ಲದೆ ಜಡ (inert) ಅನಿಲಗಳೆಂದೂ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದುವು. ಇವುಗಳಿಗೆ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಪಟ್ಟಿಯ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಎಂಟನೆ ಗುಂಪಿನ ನಂತರ ಪೂಜ್ಯಗುಂಪಿ (zero group) ನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ 17 ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಮೆಂಡಲೀಫ್ 1907 ರಲ್ಲಿ ನಿಧನ ಹೊಂದಿದನಂತರ ಒಂದು ವರ್ಷದೊಳಗೆ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ 86 ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನಗಳು ಕಲ್ಪಿತವಾದುವು. ಅಲ್ಲಿಂದ ಇಂದಿನವರೆಗೆ ಸುಮಾರು 30 ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಇನ್ನೂ ಏರುತ್ತಲೇ ಇದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

4.3 ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಆಕೃತಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ—ಪೌಲಿ ನಿಯಮ

(Relation between the periodic table and the atomic structure models—Pauli's principle)

ಕೇವಲ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ ಪರಮಾಣುತೂಕಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ರಚಿಸಲಾದ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕದ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ಇದುವರೆಗೂ ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ಈಗ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಹೊಸ ಅರ್ಥವನ್ನು ಹೊಂದಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ (ultimately) ವಸ್ತುಗಳ ಎಲ್ಲ ಗುಣಗಳಿಗೂ ಅವುಗಳ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ, ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಬಹು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸೂಕ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ (4.1) ದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ಅವಗಾಹನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಸದಿಶಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕೆಲವು ಪರಮಾಣುಗಳ ಮುಖ್ಯ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ.

ಈ ರಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ K, L, M, N, O, P ಎಂಬ ಸಂಕೇತಗಳುಳ್ಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ವಲಯದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಉಪವಲಯಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಪೌಲಿ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದೊಂದು ವಲಯದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಿತಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುತ್ತವೆ.

ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಬೀಜಾಂಶ (nucleus) ವೆಂಬ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಭಾಗವೂ, ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಅದೇ ಮೊತ್ತದ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. X–ಕಿರಣಗಳು ಮುಂತಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುನ್ಮಾನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಇದನ್ನು Z ಸಂಕೇತದಿಂದ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆ (atomic number) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಪರಮಾಣುವು ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರ

ಬಹುದಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ z ಆಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಮುಖ್ಯಗುಣಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ರೂಪಿಸುವುದು ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಆಗಿದೆ. ಪರಮಾಣುತೂಕ (atomic weight) ವು ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿದರೂ ಕೂಡ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ತಿರುಗುಮುರುಗಾಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೇ ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

ಹೀಗಾಗಿ ಈ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಯೂ, ಪೌಲಿ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ

K ವಲಯದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಿತಿ 2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

L ,, ,, 2 s + 6 p = 8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

M ,, ,, 2 s + 6 p + 10d = 18 ,,

N ,, ,, 2s + 6p + 10d + 14f = 32 ,,

ಇತ್ಯಾದಿ ಗಮನಿಸಬೇಕು. s, p, d, f ಗಳ ಅರ್ಥಗಳನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದೆ. ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವಂತೆ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಅದರ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ವಲಯಗಳು

ವಸ್ತು	Z ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ		L		M			N			
		K (s)	s	p	s	p	d	s	p	d	f
H	1	1									
He	2	2									
Li	3	2	1								
Be	4	2	2								
B	5	2	2	1							
C	6	2	2	2							
N	7	2	2	3							
O	8	2	2	4							
F	9	2	2	5							
Ne	10	2	2	6							

ವ ಲ ಯ ಗ ಳು

ಪರಮಾಣು	ಪರಮಾಣು ತೂಕ Z ಸಂಖ್ಯೆ	K	L		M			N				O					P	
		(s)	s	p	s	p	d	s	p	d	f	s	p	d	f	g	s	p
Na	11	2	2	6	2													
Mg	12	2	2	6	2													
Al	13	2	2	6	2	1												
A	18	2	2	6	2	6												
K	19	2	2	6	2	6	—	1										
Ca	20	2	2	6	2	6	—	2										
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6									
Rb	37	2	2	6	2	6	10	2	6	—	—		1					
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10	—	—	2	6				
Rn	86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	—	—	2	6

ಚಿತ್ರ 4.3 ಪರಮಾಣುವಿನ ವಲಯಗಳ ರಚನೆ

ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ತಿಳಿಸಬಹುದು :

(i) ಸಾಧಾರಣ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಗುಂಪುಗಳಿಗೂ, ಅಡ್ಡ ಮತ್ತು ಉದ್ದ ಸಾಲುಗಳಿಗೂ, ವಲಯಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳಿಗೂ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಸಾಮ್ಯವಿದೆ. ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ತುಂಬುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಒಂದು ವಲಯವನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಮಾಡಿದಮೇಲೆಯೇ ಮುಂದಿನ ವಲಯಕ್ಕೆ ಹೋಗಬೇಕೆಂಬ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ವಿನಾಯತಿಗಳು ಇರುತ್ತವೆಯಾದರೂ, ಪೌಲಿ ನಿಯಮವನ್ನು ಮೀರಿದಂತಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಇತರ ಲಕ್ಷಣಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಅನಿವಾರ್ಯ.

ಉದಾ: – H ನಿಂದ A ವರೆಗೂ ಅಂದರೆ 1 ರಿಂದ 18 ಸ್ಥಾನಗಳ ವರೆಗೂ, ನಿಯಮಬದ್ಧವಾಗಿದ್ದು, Kಗೆ ಹೋಗುವಾಗ, M ವಲಯದ d ಉಪವಲಯವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು N ವಲಯಕ್ಕೆ ಹೋಗಬೇಕು. ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋದಮೇಲೆ ಪುನಃ ವಾಪಸ್ ಬಂದು M ವಲಯದ d ಸ್ಥಾನಗಳೆಲ್ಲವೂ ಭರ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ O, P ವಲಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕಕ್ಕೂ, ಪರಮಾಣು ವಲಯಗಳ ರಚನೆಗೂ ಹೋಲಿಸುವಾಗ Co ಮತ್ತು Ni ಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳು ಅದಲು ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಾಧಾನ್ಯವನ್ನು ಎತ್ತಿತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು	ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆ	ಪರಮಾಣುತೂಕ
Co	27	58·94
Ni	28	58·68
A	18	39.94
K	19	39·10

(iii) ಸಂಯೋಜನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೂ (valency) ಹೊರಗಿನ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು ಎತ್ತಿಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು	ಸಂಯೋಜನಾಸಾಮರ್ಥ್ಯ	ಹೊರ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ
H	1	1 (s) (K ವಲಯ)
Li	1	1 (s) (L ವಲಯ)
Na	1	1 (s) (M ವಲಯ)
K	1	1 (s) (N ವಲಯ)
Mg	2	2 (s) (M ವಲಯ)
Ca	2	2 (s) (N ವಲಯ)
Al	3	3 (M ವಲಯ)

ರಾಸಾಯನಿಕ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದಲೇ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯು ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯಿಂದ ಗೊತ್ತಾದ ಜ್ಞಾನದ ಪರಿಣಾಮ.

(iv) ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಪೂಜ್ಯ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರುವ ಅಪೂರ್ವ ಅನಿಲಗಳಾದ He, Ne, ...ಗಳ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವೂ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯದಿಂದಲೇ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆಂದೂ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ He ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ K ವಲಯವು ಭರ್ತಿಯಾಗಿಯೂ, Ne ನಲ್ಲಿ K ಮತ್ತು L ವಲಯಗಳು ಭರ್ತಿಯಾಗಿಯೂ, A ನಲ್ಲಿ K, L, M ವಲಯಗಳೂ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಈ ಆರು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವಲಯಗಳೆಲ್ಲ ಪೂರ್ಣವಾಗಿದ್ದು ಯಾವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೂ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರದಿರುವುದರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅವುಗಳು ಜಡವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಜಡತ್ವಕ್ಕೂ ವಲಯಗಳು ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಇದೂ ಒಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಣಾಮ.

ಈ ಜಡ ಅನಿಲಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಅಡಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಮೊತ್ತ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣವು (total angular momentum) ಶೂನ್ಯವಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಸಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಎರಡು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸಮನಾಗಿದ್ದು ಮೊತ್ತ ಪ್ರಮಾಣವು

$M_L = 0$ ಮತ್ತು $M_s = 0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಅನಿಲಗಳ ಜಡತ್ವಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳು ಖಾಲಿಯಿದ್ದಾಗ ಉಳಿದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಸಂಯೋಜಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (valency) ವನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಲೇ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆಂದು ಅರ್ಥವು ಬರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುತೂಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಯೇ (atomic number) ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಪುನರಾವರ್ತನ ಕೊಷ್ಟಕಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

4.4 ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳು—ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು

(Molecules and atoms—their chemical properties)

ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಕೂಡ ಕೇವಲ 92 ಮೂಲಭೂತವಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. 26 ಅಕ್ಷರಗಳ ವರ್ಣಮಾಲೆಯ ವಿವಿಧಜೋಡಣೆಗಳಿಂದ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಪದಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಕೋಶ (dictionary) ವನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವೋ ಹಾಗೆಯೇ ಈ 92 ವಸ್ತುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಲಕ್ಷಾಂತರ ವಿವಿಧ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬಹುದು. ಇಂಥ ವಸ್ತುಗಳ ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು, ಉಪ್ಪು, ಆಹಾರ ಪದಾರ್ಥಗಳು, ಗಾಜು, ಬಣ್ಣದ ಸಾಮಾನುಗಳು ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ವಿಧಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವಿನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣವೂ ಅದರ ಅಣು (molecule) ವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೂಲಭೂತವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿವಿಧ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವ ರೀತಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಬಂಧನಗಳ (bonds) ಮಾದರಿಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿರುವುದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರಚನೆಯಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಆ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಡಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಂಮಿಲನವಾಗುವಾಗ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯಃವಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದ್ದೇಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಅಂಗಗಳಾದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಹೇಗೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿವೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಪದಾರ್ಥಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (reactions) ಗಳನ್ನೂ ಅಧ್ಯಯನಮಾಡುವ ಶಾಸ್ತ್ರವೇ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ. ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗ ವಹಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳ ತೂಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶನಮಾಡಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಳದಿರಂಜಕವನ್ನು ಗಾಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಶಾಖದ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಸರ್ಜನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ರಂಜಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲ ಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು 2 : 5 ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ರಂಜಕದ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ನ ಅಣುವಾಗುತ್ತದೆ (P_2O_5). ಇದರ ಗುಣಗಳಿಗೂ, P ಮತ್ತು O ಗಳ ಗುಣಗಳಿಗೂ ಎಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿವೆಯೆಂಬುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಈ ವಸ್ತುವನ್ನು ಮತ್ತೆ P ಮತ್ತು O ಗಳಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವುದು ಸುಲಭದ ಕೆಲಸವಲ್ಲ. ಕೆಂಪು ಚೂರ್ಣ ದಂತಿರುವ ಪಾಧರಸದ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಥಳಥಳಿಸುವ ಪಾದರಸವೂ ವರ್ಣರಹಿತ ಆಮ್ಲಜನಕವೂ ಬರುತ್ತವೆ.

$$2\ HgO \xrightarrow[\text{ಶಾಖ ಕೊಟ್ಟರೆ}]{} 2\ Hg + O_2 \qquad (4\cdot1)$$

ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಪಾದರಸ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನ ವನ್ನು ಕಳಚಬೇಕಾದರೆ, ಶಾಖವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಸರಳವಾದ – ಹಾಗೂ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ – ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನದಿಂದಾಗಲಿ, ಬಂಧವಿಮೋಚನದಿಂದಾಗಲಿ, ಉತ್ಪನ್ನವಾ ಗುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ ಮೊದಲ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮ್ಯತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿದು ತಾತ್ತ್ವಿಕವಾಗಿಯೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿಯೂ ಹಲವಾರು ಹೊಸ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಅತ್ಯಂತ ವಿಶಾಲವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ ನಿತ್ಯಜೀವನಕ್ಕೂ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೂ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಬಹಳ ಸಹಕಾರಿ ಯಾಗಿವೆ.

ಈಗ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವಿಧಾನಗಳು ಹೇಗೆ ಮತ್ತು ಏತಕ್ಕಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತವೆಂಬುದರ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಎರಡು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ನಿದರ್ಶನವನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಕಬ್ಬಿಣ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ಕಿಟ್ಟ (coke) ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಶಾಖದ ಕುಲುಮೆ (blast furnace) ಯಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಕಬ್ಬಿಣವೂ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲವೂ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವು ವಿಶದಪಡಿಸುತ್ತದೆ.

$$2\ Fe_2O_3 + 3\ C \rightarrow 4\ Fe + 3\ CO_2. \qquad (4\cdot2)$$

ಅಂದರೆ, ಮೂರು ಇಂಗಾಲ (C) ದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಎರಡು ಕಬ್ಬಿಣ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ನ

(Fe_2O_3) ಅಣುಗಳೊಡನೆ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ನಾಲ್ಕು ಕಬ್ಬಿಣದ (Fe) ಪರಮಾಣುಗಳೂ, ಮೂರು ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ ಅನಿಲದ (CO_2) ಅಣುಗಳೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನವನ್ನು ಬಿಡಿಸಿ, ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದಿದ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಹಾಯಕವಾಗಲು ಕುಲುಮೆಯ ಶಾಖವು ಸಾಕಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ತ್ವರಿತಗೊಳಿಸುವ ಶಕ್ತಿ (activation energy) ಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರವಾದ ಅಂತಿಮ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಉಳಿಯಬೇಕಾದರೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿದ್ದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಸ್ವಲ್ಪ ಕುಗ್ಗಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಮುರಿಯಲು ಮತ್ತು ಹೊಸ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು ಆವಶ್ಯಕ.

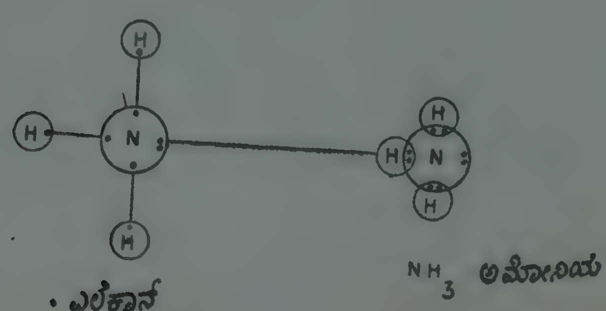
ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಚುರುಕುಗೊಳಿಸಲು ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು ಬಹಳ ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ನೇರವಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗಗೊಳ್ಳದೆ, ಕಡಮೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಿಂದಲೇ ಆ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸಫಲವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಅನ್ಯ ಪರಿಣಾಮಕ ಕ್ರಿಯೆ (catalysis) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವು ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿ ಸಾರಜನಕ (N) ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ (H) ದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಂಯೋಜನೆಹೊಂದಿ ಅಮೋನಿಯಾ (NH_3) ಅನಿಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಈ ಸಂಯೋಜನೆಯು ಸಫಲವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ತಾಪ (extremely high temperature) ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣ (mixture) ವನ್ನು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪುಡಿಮಾಡಿದ (finely divided iron) ಕಬ್ಬಿಣದ ಮೇಲೆ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಕೇವಲ 500°C ತಾಪವು ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಆಗಮಾಡಿಸಿ, ಅಮೋನಿಯ ಅನಿಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪಾತ್ರ ಕೇವಲ ಅನ್ಯಪರಿಣಾಮಕ್ರಿಯೆ ಮಾತ್ರ. ಅದು ಯಾವ ಭೇದವನ್ನೂ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಸಹಾಯಕ ವಸ್ತುಗಳ (catalysts) ಪಾತ್ರವು ಅತಿ ಮಹತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ.

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 \qquad (4\cdot3)$$

ಒಂದು ಸಾರಜನಕದ (N_2) ಅಣುವೂ, ಮೂರು ಜಲಜನಕದ (H_2) ಅಣುಗಳೂ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿ ಎರಡು ಅಮೋನಿಯಾ ಅಣುಗಳು (NH_3) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗು

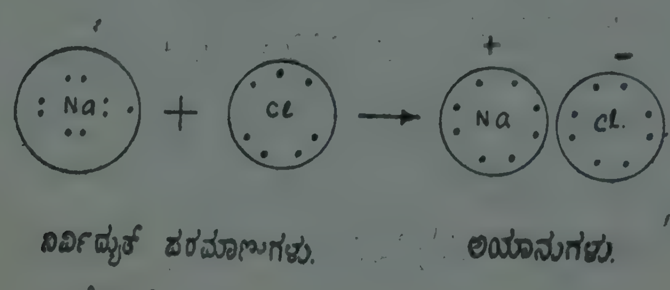
ತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಅಮೋನಿಯ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವೂ ಮೂರು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿವೆ. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನದ ಮರ್ಮವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಈಗ ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡೋಣ.

ಚಿತ್ರ (4.4) ದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ K ವಲಯದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಹೊರಗಿನ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ=7. K ವಲಯದಲ್ಲಿ 2 ಮತ್ತು L ವಲಯದಲ್ಲಿ 5 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ K ವಲಯದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇದ್ದು, ಅದರಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾನವು ಖಾಲಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ K ವಲಯವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿದ್ದು L ವಲಯದಲ್ಲಿ 5 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಒಟ್ಟು 8 ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ 3 ಸ್ಥಾನಗಳು ಖಾಲಿಯಾಗಿವೆ. ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿರುವಲ್ಲಿ **ಒಂದು** ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವೂ, **ಮೂರು** ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದುವಾಗ ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಖಾಲಿಯಾಗಿರುವ ಮೂರು ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು **ಮೂರು** ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ **ಮೂರು** ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಆಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಸಂಯೋಜನದಿಂದ, ಅಮೋನಿಯ ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯದಿಂದ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯದ ಖಾಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೂ, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಒಂದು ಬಂಧನ (bond) ವು ಉಂಟಾಗಬೇಕು. ಈ ವಿಧವಾದ ಬಂಧನಕ್ಕೆ **ಕೋವೇಲೆಂಟ್** (covalent) ಬಂಧನಗಳೆಂದ ಹೆಸರು. ಈ ಬಂಧನಗಳಲ್ಲಿ ಪಾತ್ರವಹಿಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯ (sharing) ವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ ಅಣುವು ಉದ್ಭವವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಬಂಧನಶಕ್ತಿಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಯೋಜನೆಯು ಬಹಳ ಸುಭದ್ರ (stable) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (4.4) ದಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 4·4 ಅಮೋನಿಯಾ ಅಣುವಿನ ರಚನೆ (ಕೋವೇಲೆಂಟ್ ಬಂಧನ)

ಸೂಚಿಸಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧವಾಗಿಯೂ, ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿ, ಸಂಯುಕ್ತ ಅಣುವು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಬಹುದು. ಈ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಅಯಾನಿಕ್ ಬಂಧನ (ionic bond) ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಇದಕ್ಕೆ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿ ಸೋಡಿಯಂ (Na) ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರೀನ್ (Cl) ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಉಪ್ಪಿನ ಅಣುವು (NaCl) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಇರುವ 11 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮೂರು ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿವೆ. K ಮತ್ತು L ವಲಯಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ 2 ಮತ್ತು 8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಹೊರಗಿನ M ವಲಯದಲ್ಲಿ 1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮಾತ್ರ ಇದ್ದು ಉಳಿದ ಸ್ಥಾನಗಳು ಖಾಲಿಯಾಗಿವೆ. ಕ್ಲೋರೀನ್ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ 17 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ K ಮತ್ತು L ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ 10 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇದ್ದು ಹೊರಗಿನ M ವಲಯದಲ್ಲಿ 7 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದು ಮತ್ತೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸ್ಥಾನವಿದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ, ಈ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಂಧಿಸುವಾಗ, **ಸೋಡಿಯಂ** ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಹೊರವಲಯದ **ಒಂದು** ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕ್ಲೋರೀನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿ ಆ ವಲಯವನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಡಮೆಯಾಗಿ, ಅದು ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಧನಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ಅಯಾನ್ (Na^+ ion) ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿತ್ತುದರ ಫಲವಾಗಿ ಉಳಿಯುವ ಭಾಗವು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ಧನಕಣ (positively charged ion) ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಹೊರವಲಯಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪೂರ್ಣವಲಯಗಳಲ್ಲಿ 10 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಭರ್ತಿಯಾಗಿದ್ದು, ನಿಯಾನ್ (Ne) ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಕ್ಲೋರೀನ್ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಧಿಕವಾಗಿ ಸೇರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದು ಕ್ಲೋರೀನ್ ಅಯಾನ್ (Cl^-) ಆಗಿ, ಒಂದು ಋಣ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ (negatively charged) ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ, 18 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪೂರ್ಣವಲಯಗಳಲ್ಲಿದ್ದು ಆರ್ಗಾನ್ (A) ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಹೋಲುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಅಂತಿಮವಾಗಿ



ಚಿತ್ರ 4.5 NaCl ಅಣುವಿನ ರಚನೆ (ಅಯಾನಿಕ್ ಬಂಧನ)

ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ಉಪ್ಪಿನ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ (NaCl) ಇರುವ ಎರಡು ಅಂಗಗಳೂ ಕೂಡ (Na^+ ಮತ್ತು Cl^-) ವಿರೋಧ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀಕಣ ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಬಂಧನ (ionic bonds) ದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ರಚನೆಯು ಅಷ್ಟು ಸ್ಥಿರವಾದುದಲ್ಲ. ಉಪ್ಪನ್ನು (NaCl) ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಅಣು ಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ಕಣಗಳೂ (ions) ವಿಭಜನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕಡೆ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು (electrodes) ಸ್ಥಾಪಿಸಿ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (electric current) ಕಳು ಹಿಸಿದರೆ, ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಹೊಂದಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ಅಯಾನ್ (Na^+) ಗಳು ಋಣ ಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೂ, ಕ್ಲೋರೀನ್ ಅಯಾನ್ (Cl^-) ಗಳು ಧನ ಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೂ ಸಾಗು ತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆಯಿಂದ (electrolysis) ಒಂದೊಂದು ಧ್ರುವದಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದೊಂದು ವಿಧದ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಧಾನ ವನ್ನು ತಳಹದಿಯಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ವಿದ್ಯುಲ್ಲೇಪ (elcetroplating) ವಿಧಾನವು ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ.

ಕೋವೇಲೆಂಟ್ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ಸಡಿಲಗೊಳಿಸಲು ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ X ಕಿರಣಗಳು ಮುಂತಾದ ಕಿರಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸ ಬಹುದು. ನೀರಿನ ಅಣು (H_2O) ವಿನಲ್ಲಿ ಬಂಧನವನ್ನು ಕಿತ್ತರೆ H^+ ಮತ್ತು $(OH)^-$ ಅಂಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಪರಮಾಣು ಪುಂಜ (free radicals) ಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಾಗುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಪುಂಜಗಳು ದೇಹದ ಹಲವಾರು ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬೀಜಾಂಶಕ ಆಮ್ಲ (nucleic acids) ಗಳ ಕ್ರಿಯಾ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ರುತ್ತವೆ. ಆನುವಂಶಿಕ ಲಕ್ಷಣ (hereditary characteristics) ಗಳು ಕೂಡ ಸಂತತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಯ್ಯಲ್ಪಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

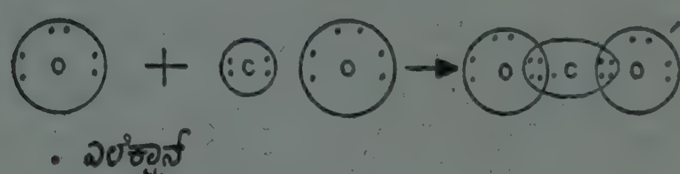
ಮೂಲ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ **ಅಸಂಯುಕ್ತ ಪುಂಜಗಳು** (free radicals) ಮತ್ತೊಂದು ಅಣುವಿನ ಬಂಧನವನ್ನು ಮುರಿದು ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧವಾದ ಅಸಂಯುಕ್ತ ಪುಂಜಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಬಹುದು. ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿ ಅಥವಾ ಸರಪಣಿಯ ರೀತಿ (chain or series) ಯಲ್ಲಿ ಗುಣಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸರಪಣಿ ಕ್ರಿಯೆ (chain reaction) ಯನ್ನು ರೂಪಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ, ಹಲವಾರು ಸಂಘಟಕ ಮೂಲಧಾತು (polymers) ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುರಚನೆಗೂ ಅವುಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸ್ಥೂಲವಾದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸೂಚಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

4.5 ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ (The carbon atom and its importance)

ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ತೊಂಭತ್ತಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದರೂ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಸ್ತುಗಳು ತಮ್ಮ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನೊಂದಿಗೆ ಮಿಕ್ಕ ವಸ್ತುಗಳ ಹಲವಾರು ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಭಾಗಗೊಳ್ಳುವ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮೂಲ ಭೂತ ವಸ್ತುಗಳು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮಲ್ಲೇ ಸರಪಣಿ (chains) ಗಳಂತೆ ಬಂಧನ ಮಾಡಿ ಕೊಂಡು ಇವುಗಳನ್ನೇ ಕೇಂದ್ರ ಬೆನ್ನೆಲುಬನ್ನಾಗಿ (central back-bone) ಹೊಂದಿ ಮಿಕ್ಕ ವಸ್ತುಗಳೊಂದಿಗೆ ಕೊಂಡಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲವು (carbon) ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಈ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿರಿಸಿಕೊಂಡು ತಯಾರಿಸಲಾಗಿರುವ ಲಕ್ಷಾಂತರ ವಸ್ತುಗಳು ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಮತ್ತು ಜನಜೀವನದ ಎಲ್ಲ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿ ತಮ್ಮ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಿವೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಜೈವಿಕ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ (organic chemistry) ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿದೆ.

ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಇಂಗಾಲದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವು ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ 6 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದು, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಒಳಗಿನ K ವಲಯವನ್ನು ತುಂಬಿ, ಉಳಿದ 4 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ L ವಲಯವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಈ L ವಲಯದಲ್ಲಿ 4 ಖಾಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಬೀಜಾಂಶ (nucleus) ಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಪರಮಾಣುವು ಅಯಾನಿಕ್ ಬಂಧನ (ionic bonds) ಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಆದರೂ, ಈ ಪರಮಾಣುವು ಮಿಕ್ಕ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಕೋವೇಲೆಂಟ್ ಬಂಧನ (covalent bonds) ಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ವಲಯವನ್ನು ಪೂರ್ತ 8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ತುಂಬಿಸಲು ತಯಾರಿರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 4 ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದಿ ಅವುಗಳಲ್ಲಿನ 4 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ತನ್ನ ಹೊರವಲಯಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದಾಗಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮಲ್ಲಿಯೇ ಬಂಧನಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿಕೊಂಡು ಸರಪಣಿಗಳನ್ನಾಗಲಿ, ವೃತ್ತಗಳನ್ನಾಗಲಿ (chains or rings) ರಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಜೀವಂತ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬೆನ್ನೆಲುಬುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಮತ್ತೊಂದು ಅತಿ ಬಾಹುಳ್ಯದ ವಸ್ತುವೆಂದರೆ ಜಲಜನಕ. ಇಂಧನದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಆಹಾರದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಈ ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕಗಳು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ಆಮ್ಲ

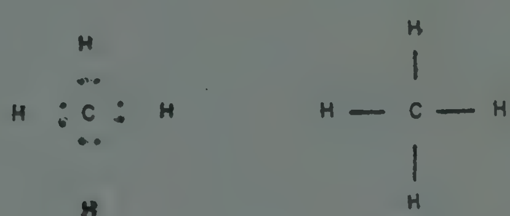
ಜನಕದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗಹೊಂದುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲವೂ (CO_2) ನೀರೂ (H_2O) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುವು ಎರಡು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿ ಎರಡು ಕೋವೇಲೆಂಟ್ ಬಂಧನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದಲೂ ಎರಡೆರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುವು ಸೇರಿಸಿಕೊಂಡು 8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ಹೊರವಲಯವು ರೂಪಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲವೇ ಸಮಸ್ತ ಸಸ್ಯಜೀವನಕ್ಕೂ ಆಧಾರವಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 4·6 CO_2 ಸಂಯುಕ್ತ ಅಣುವಿನ ರಚನೆ

ಮೀಥೇನ್ (CH_4)

ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕದ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಮತ್ತು ಅತಿಸರಳವಾದ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುವು ಮೀಥೇನ್. ಇದೊಂದು ಹೈಡ್ರೋಕಾರ್ಬನ್ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ವಸ್ತು. ಇದನ್ನು ಮೂಲವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹೈಡ್ರೋಕಾರ್ಬನ್‌ಗಳ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸರಪಣಿಯನ್ನೇ ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಪಾರಫಿನ್ (paraffins) ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಜಲಜನಕವೇ

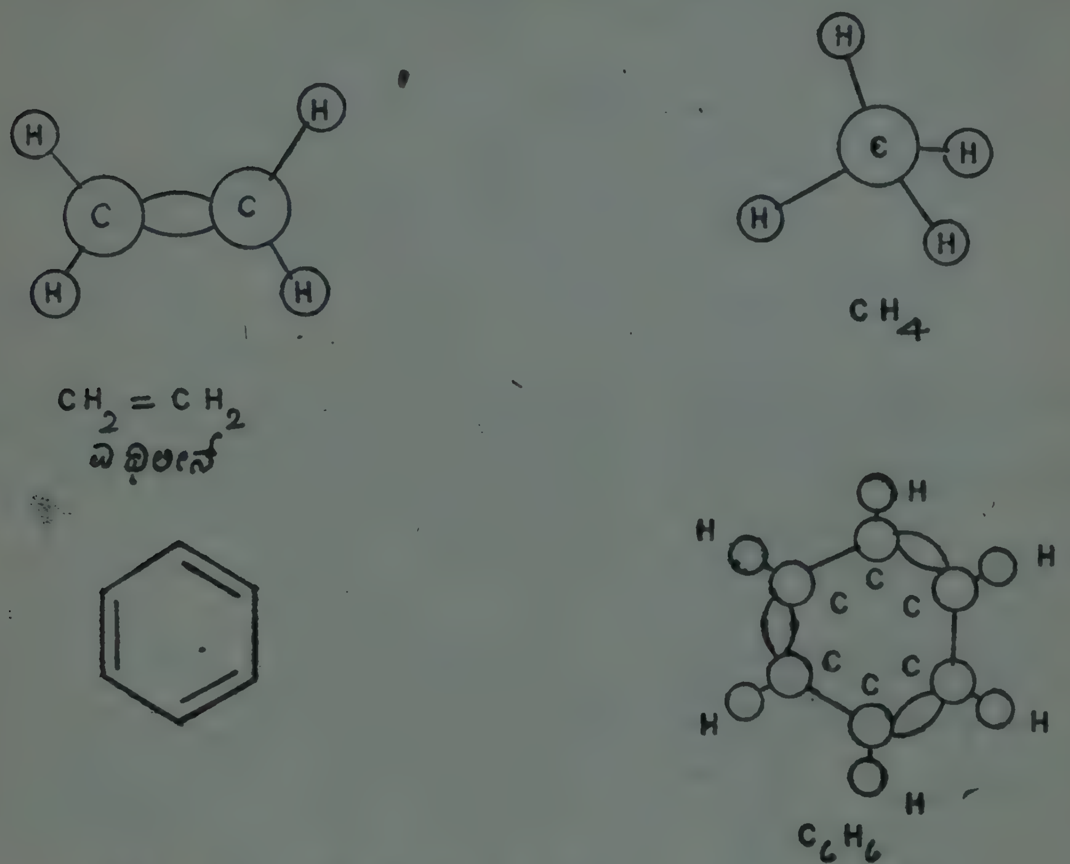


ಚಿತ್ರ 4·7 ಮೀಥೇನ್ (CH_4) ಅಣುವಿನ ರಚನೆ

ಅಲ್ಲದೆ, ಆಮ್ಲಜನಕ (o), ಕ್ಲೋರೀನ್ (Cl), ಸಸಾರಜನಕ (N)ಗಳ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಗಹೊಂದಿ ಅನೇಕ ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಮೀಥೇನ್, ಎಥಿಲೀನ್ ಮತ್ತು ಬೆನ್‌ಜೀನ್ (methane, ethylene and benzene) ಎಂಬ ಮೂರು ಮೂಲವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮೂರು ದೊಡ್ಡ ಸಂಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳ ಶ್ರೇಣಿಗಳೇ (series) ರೂಪಿತವಾಗಿವೆ. ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ನೂರಾರು ಪದಾರ್ಥಗಳು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿಯೇನೆಂದರೆ, –CH_2– (ಒಂದು ಇಂಗಾಲ ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು) ಎಂಬುದನ್ನು ಒಂದು

ಬಂಧನ ಕೊಂಡಿ (linking unit) ಯನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅತಿ ಉದ್ದವಾದ ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಈ ಕೊಂಡಿಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವುದರಿಂದಲೇ ರಚಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸಲು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರಗಳು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 4·8 ಬೆನ್‌ಜೀನ್ (C_6H_6) ಅಣು (ವೃತ್ತ) ರಚನೆ

ಮೀಥೇನ್ ಗುಂಪು : ಈ ಗುಂಪಿನ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಪಾರಫಿನ್‌ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಸಾಧಾರಣ ತಾಪಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು, ದ್ರವಗಳು, ಎಣ್ಣೆ ಗಳು ಮತ್ತು ಘನವಸ್ತುಗಳವರೆಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸುತ್ತವೆ. ಅಣುವಿನ ಸರಪಣಿಯು ಉದ್ದವಾದಂತೆಲ್ಲ ತುದಿಯ ಬಿಂದುವು (boiling point) ಏರುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

CH_4 ಮೀಥೇನ್ ಮಾರ್ಷ್ ಅನಿಲ (marsh gas)
C_2H_6 ಈಥೇನ್ (ethane)
C_3H_8 ಪ್ರೋಪೇನ್ (propane(
C_4H_{10} ಬ್ಯೂಟೇನ್ (butane)
.. ..
.. ..
C_8H_{18} (ಆಕ್ಟೇನ್) (octane)
ಇತ್ಯಾದಿ

ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ಮೋಟಾರ್ ಎಣ್ಣೆ (motor spirit) ಯ ಅಂಗಗಳು. ಇನ್ನೂ – CH_2 – ಕೊಂಡಿಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಡೀಸಿಲ್ ಎಣ್ಣೆ ಮುಂತಾದ ಜಿಗುಟು (viscous) ತೈಲಗಳಾಗಿ, ಕೊನೆಗೆ ಮೇಣಗಳಿಗೂ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

ಎಥಿಲೀನ್ ಗುಂಪು

ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದು ಎಥಿಲೀನ್ (C_2H_4). ಇದಕ್ಕೆ $-CH_2-$ ಕೊಂಡಿಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ಪದಾರ್ಥಗಳು ದೊರಕುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ :

C_2H_4	ಎಥಿಲೀನ್	(ethylene)
C_3H_6	ಪ್ರೊಪಿಲೀನ್	(propylene)
C_4H_8	ಬ್ಯುಟೀನ್	(butene)
ಇತ್ಯಾದಿ		

ಇವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳು, ಪರಿಮಳದ್ರವ್ಯಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು, ಮಾರ್ಜಕವಸ್ತುಗಳು (detergents) ಮತ್ತು ಸಿಡಿಮದ್ದುವಸ್ತು (dynamite) ಗಳವರೆಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುತ್ತವೆ.

ಬೆನ್‌ಜೀನ್ ಗುಂಪು

ಇದರ ಅಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯು ಷಟ್ಕೋಣದ ಆಕೃತಿ (hexagon) ಯಲ್ಲಿರುವ ವೃತ್ತ (ring) ದಂತಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡು ವಣ ಬಂಧನವು (C — H) ಪರ್ಯಾಯರೂಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮತ್ತು ಎರಡು ಕೊಂಡಿ ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

ಬೆನ್‌ಜೀನ್ ಒಂದು ಇಂಧನವೂ ಹೌದು, ಲೀನಕಾರಿಯೂ ಹೌದು (fuel and a solvent). ಇದರ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನೆಲ್ಲ (products) ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಲಿ ಅವುಗಳ ವರ್ಗ (groups) ಗಳಾಗಲಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ನಿಷ್ಪನ್ನ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ C_7H_8 (ಟೂಲೀನ್), C_8H_{10} (p-xylene) ಮುಂತಾದವು ಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳು ಔಷಧ ದ್ರವ್ಯಗಳಿಂದ (drugs) ಹಿಡಿದು ಟೆರಿಲೀನ್ ನಾರು (terylene fibre) ಮತ್ತು ಆಸ್ಫೋಟಕ ವಸ್ತುಗಳು (explosives) — T. N. T. ವರೆಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಜಲಜನಕ (H)ಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಕ್ಲೋರೀನ್ (Cl) ಮುಂತಾದ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಇಂಗಾಲದೊಂದಿಗೆ ಜೋಡಿಸಿ, ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳು ನಿರ್ಮಿತ ವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಬನ್ ಟೆಟ್ರಕ್ಲೋರೈಡ್ (CCl_4) ಅತಿಮುಖ್ಯ ಲೀನಕಾರಿಯಾಗಿಯೂ, ಬೆಂಕಿಯನ್ನು ಆರಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ (fire extinguishers) ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇಥನಾಲ್ (CH_2OH-CH_3) ಮಾದಕ ದ್ರವವಾಗಿಯೂ (alcohol) ಇನ್ನು ಹಲವಾರು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪ ಯೋಗ ಹೊಂದಿದೆ. ಅಸೆಟಿಕ್ ಆಮ್ಲ (CH_3-COOH) ವು ಮತ್ತೊಂದು ಅತಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ವಸ್ತು—ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ಗಳು, ಕೃತಕ ನಾರುಗಳು (synthetic fibres)

ಗಂಧದ್ರವ್ಯಗಳು (scents) ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ಉಪಯೋಗಕರವಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿವೆ.

ಹೀಗೆಯೇ ಒಂದು ಅನಂತವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಗುಂಪುಗಳು ಈ ಬಂಧನ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿವೆ.

4.6 ಪಾಲಿಮರೈಸೇಷನ್ – ಬಹ್ವಣ್ವಿಕ ಸಂಘಟನೆಯ ವಿಧಾನ

ಎಥಿಲೀನ್, ಪ್ರೊಪಿಲೀನ್ ಮುಂತಾದ ಇಂಗಾಲದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಬಂಧನಗಳ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಕೈಗಾರಿಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಉತ್ಪನ್ನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ತಯಾರುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇವುಗಳು ಅಂಟುಪದಾರ್ಥಗಳು (resins), ರಬ್ಬರ್ (rubbers) ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ (plastics) ಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈಗ ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವ ಪಾಲಿಥೀನ್ (polythene) ಎಂಬ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ಕನ್ನು ತಯಾರಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಎಥಿಲೀನ್ ಅನಿಲವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿ, ಅದರ ನೂರಾರು ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಸರಪಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

$$\cdots + \boxed{CH_2=CH_2} + \boxed{CH_2=CH_2} + \boxed{CH_2=CH_2} + \cdots$$

$$= -CH_2-CH_2-CH_2-CH_2- \cdots\cdots$$

ಚಿತ್ರ 4·9 ಸರಪಣಿ ಅಣುಗಳ ಸಂಘಟನಾಕ್ರಮ — ಎಥಿಲೀನ್ ರಚನೆ

ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಪಾಲಿಮರೈಸೇಷನ್ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, 1950 ರಿಂದೀಚೆಗೆ ಈ ಲಂಬೀಕರಣ (polymerisation) ವನ್ನು ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಅನ್ಯಪರಿಣಾಮಕ ವಸ್ತುಗಳ (catalysts) ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಾಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಹೀಗೆಯೇ, ಫಿನಾಲ್ (phenol) ಮತ್ತು ಫಾರ್ಮಾಲ್ಡಿಹೈಡ್‌ಗಳಿಂದ ಬೇಕ್‌ಲೈಟ್ (bakelite) ವಸ್ತುವನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಲಾಯಿತು. ಇದು ಒಂದು ಅತಿ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಕೊಂಡಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಲಂಬಶ್ರೇಣಿ.

ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಕಲ್ಲಿದ್ದಲಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ನೈಲಾನ್ (nylon) ಮತ್ತು ಟೆರಿಲೀನ್ (terylene) ಎಂದು ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯಾಗಿರುವ ಕೃತಕ ಬಟ್ಟೆನಾರುಗಳು ತಯಾರಾಗಿವೆ.

ಇಂಗಾಲದ ಜೊತೆಗೆ ಫ್ಲೂರೀನ್ (C–F) ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತವಸ್ತುಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿವೆ. (C–F) ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನವು ಅತಿಭದ್ರವಾಗಿದ್ದು, ಇದನ್ನು (C–H) ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ (insulators) ಗಳನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಸಿಲಿಕಾನ್ (Si) ಕೂಡ ಇಂಗಾಲದಂತೆಯೇ ನೂರಾರು ಬಂಧನಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಧವಾದ ರಾಕ್ಷಸ ಅಣು (giant molecules) ಗಳನ್ನು ಅತಿ ಉದ್ದವಾದ ಸರಪಣಿಗಳಂತೆ ಬಂಧಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ವಸ್ತುವೆಂದರೆ ಪಾಲಿವಿನೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ (PVC). ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಹೈಡ್ರೋಕ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲವನ್ನೂ ಅಸೆಟಲೀನನ್ನೂ (HCl and C_2H_2) ಬಹಳ ಕುಶಲತೆಯಿಂದ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ವಿನೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ (vinyl chloride) ಅನಿಲವನ್ನು ($CH_2=CH\,Cl$) ತಯಾರು ಮಾಡಬೇಕು. ಇದನ್ನು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದು ದೊಡ್ಡ ಸ್ಟೀಲ್ ಗೋಳಾಕೃತಿ (steel spheres) ಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಬಂಧಕ ಇಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅತಿ ಉದ್ದ ಸರಪಣಿಯ ಪಾಲಿ ವಿನೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು. ಸೂಕ್ತವಾದ ತಾಪ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಿಯಾ ಸಹಾಯಕ (catalyst) ದ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಎರಡು ಕೊಂಡಿಯ ಇಂಗಾಲದ ಬಂಧನವನ್ನು (double carbon bond) ಮುರಿದು ಒಂದೊಂದು ಆಧಾರ ಅಂಗ (block) ವೂ ಮತ್ತೊಂದರ ಜೊತೆಗೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಂಡು ಇಂಥ ಕೊಂಡಿಗಳು 1000ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಒಂದ ಉದ್ದ ಸರಪಣಿಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಸೊಗಸಾದ ಬಿಳಿಪುಡಿ (fine white powder) PVC ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಉಪಯೋಗಗಳು ಅಪಾರವಾದುವು. ಇದನ್ನು ಎಷ್ಟು ನಮ್ಯವಾಗಿಯೋ (flexible) ರಬ್ಬರಿನಂತೆಯೋ, ಅಥವಾ ಗಡಸಾಗಿಯೋ (rigid and tough) ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಆ ರಾಕ್ಷಸ ಅಣುಗಳ ಕೊಂಡಿಯ ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಉದ್ದವಾದಷ್ಟೂ ಬಲ ಮತ್ತು ಗಡಸುತನ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಿಳಿಯ ಪುಡಿಯನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ಬಣ್ಣ (pigments) ದ ದ್ರವ್ಯಗಳು, ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ವಸ್ತುಗಳು ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸಿ, ಸುಮಾರು 325°F ತಾಪಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಹಿಟ್ಟಿನ ಪದಾರ್ಥವು (dough) ಬರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಗೆ ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನ ಕೆಲಸವು ಮುಗಿದು ಮುಂದಿನದೆಲ್ಲ ತಾಂತ್ರಿಕಜ್ಞನದು. ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಮಳೆ ಅಂಗಿ (rain-coat) ಯಿಂದ ಹಿಡಿದು, ಹಾಸುವ ಬಿಲ್ಲೆ (floor-tile) ಗಳವರೆಗೆ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥವನ್ನಾಗಲಿ, ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಬಹುದು. ವೈದ್ಯ ಮತ್ತು ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆಯ ಹಲವಾರು ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇದರ ಉಪಯೋಗಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಉಡುಪುಗಳಿಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಸ್ತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಪಾಲಿಥೀನ್, ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಬಹಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿದ್ದ ಹತ್ತಿ ಉಣ್ಣೆ ಬಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಹಾಕಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರಬ್ಬರಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಕೃತಕ ರಬ್ಬರ್ ಪದಾರ್ಥ (synthetic rubber) ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬಳಕೆಗೆ ಬರುತ್ತಿವೆ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಶಾಖ ಮತ್ತು ಚಳಿಗಳನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವ ಬಲವನ್ನೂ ಈ ಕೃತಕವಸ್ತುಗಳು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. (C_4H_8) ಐಸೋಬ್ಯೂಟಿಲೀನ್‌ನಿಂದ ತಯಾರಾದ ಬ್ಯೂಟೈಲ್ ರಬ್ಬರ್ (butyl rubber) ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದ್ದು ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ವಿಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಳಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

ಮೇಲಿನ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯದಿಂದ, ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡುವುದು ಆಧುನಿಕ ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬಂಧನಗಳಿಂದ ಸಂಯುಕ್ತ ಅಣುಗಳ ರಚನೆಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಸಹಸ್ರಾರು ಹೊಸ ಪದಾರ್ಥಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ನವೀನ ರೀತಿಯ ಕೃತಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು ನಮ್ಮ ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಮತ್ತು ಇಡೀ ಮಾನವನ ನಿತ್ಯಜೀವನದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೇ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿವೆ. ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಜ್ಞಾನದಿಂದ ರೂಪಿಸಿದ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕರವಾದ ಲಾಭವನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಿವೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ 5

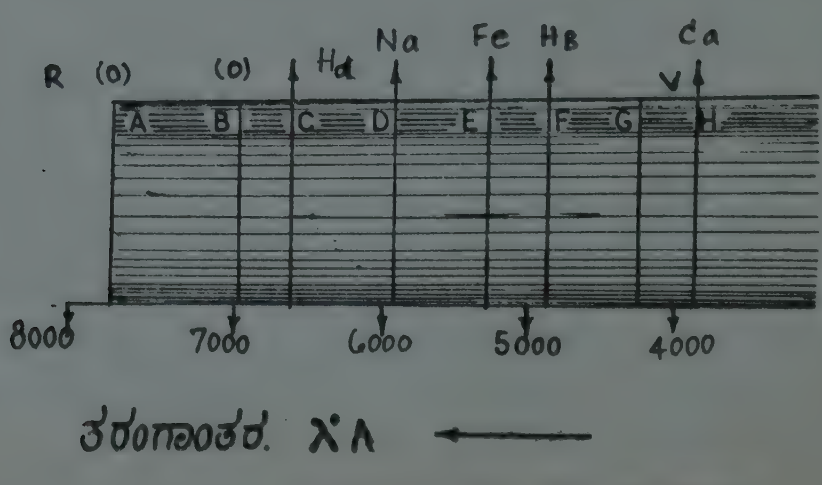
ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರೋಹಿತದ ರಚನೆ

5.1 ವರ್ಣರೋಹಿತದ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಮೂಲಧಾತು ವಸ್ತುವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡುವುದು.

(Spectral analysis : Method of identifying an element from its spectrum)

ನ್ಯೂಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1666 ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ, ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಅಶ್ರಗದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದ್ದರ ಫಲವಾಗಿ ಹೊರಬಿದ್ದ ವರ್ಣಸಮೂಹದ (spectrum) ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೆಳ್ಳಗೆ ಕಾಣುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಕಿರಣಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿವೆಯೆಂದೂ ಇವುಗಳನ್ನು ಗಾಜಿನ ಅಶ್ರಗವು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದೆಯೆಂದೂ ಆ ಪ್ರಯೋಗದ ಅರ್ಥವಾಗಿದ್ದಿತು.

1802 ರಲ್ಲಿ ವೊಲಾಸ್ಟನ್ (Wollastan) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಕಪ್ಪುಗೆರೆ (dark lines) ಗಳಿರುವುದನ್ನು ಕಂಡನು. 1817 ರಲ್ಲಿ ಫ್ರಾನ್‌ಹಾಫರ್ ಎಂಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, ನಾವು ಈಗ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಒಂದು ರೋಹಿತಮಾಪಕ (spectrometer) ವನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಿ ಅದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ತೆಗೆದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ವರ್ಣರಂಜಿತ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅತಿ



ಚಿತ್ರ 5.1 ಫ್ರಾನ್‌ಹಾಫರ್ ಕಪ್ಪುರೇಖೆಗಳು

ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಉದ್ದನಾಗಿರುವ ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದನು. ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನಿಂದ ಹಿಡಿದು ನೀಲಿ ಅಂಚಿನವರೆಗೆ ಹರಡಿದ್ದ ಈ ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳಿಗೆ A, B, C, D... ಗಳೆಂಬ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ D ಸಂಕೇತದ ಎರಡು ಅತಿ ಸಮೀಪ ವರ್ತಿಯಾದ ಗೆರೆಗಳು ಹಳದಿ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿದ್ದುದನ್ನು ಕಂಡು ಕಿರ್ಷಾಫ್ ಮತ್ತು ಬುನ್‌ಸನ್ (Kirschoff and Bunsen) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 1859 ರಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಈ ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳಿಗೆ ಒಂದು ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರು. ಇದರಿಂದ ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವನ್ನೂ ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದ ರಚನೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನೂ ಕಲ್ಪನೆಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಒಂದು ನವೀನ ಮಾರ್ಗವು ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು. ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ, ಈ ವಿಧಾನವು ಸಾಧಾರಣವಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಮಾರ್ಗಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ನಿಖರವೂ, ಸೂಕ್ಷ್ಮವೂ ಆದ ವಿಧಾನವಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

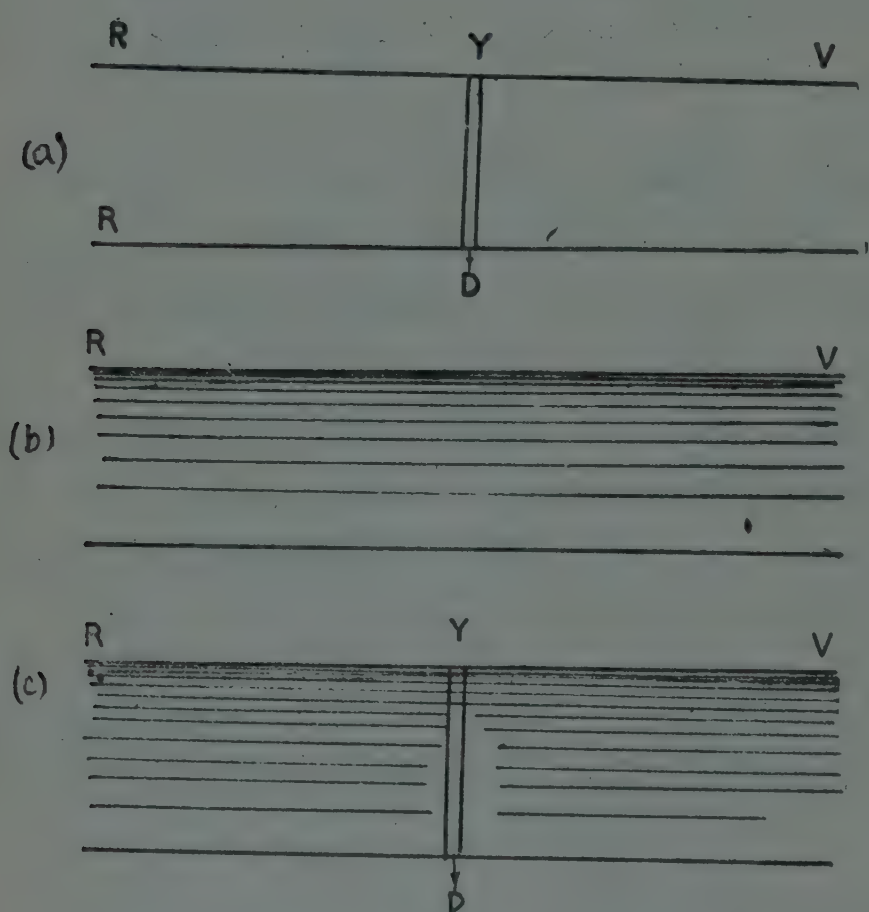
ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ D–ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳಿಗೂ ಸೋಡಿಯಂ ಮೂಲಧಾತು ವಸ್ತುವಿಗೆ ಸಹಜವಾಗಿರುವ ವಿಕಿರಣದ ಪ್ರಕಾಶಗೆರೆ (emission lines) ಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕಲ್ಪಿತವಾಗಿರುವ ಸ್ಥಾನಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿವೆ. ಇದರಿಂದ ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಈ ಸೋಡಿಯಂ ಮೂಲಧಾತುವು ಹೊರವಲಯುಗಳಲ್ಲಿ ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗಾಗಿ, ಕಿರ್ಷಾಫ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೆಳಗೆ ಕಂಡ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು :—

(1) ಒಂದೊಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ವಸ್ತುವಿಗೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ಒಂದು ವೈಯಕ್ತಿಕ (characteristic) ವರ್ಣಪಟಲವು ಇರುತ್ತದೆ.

(2) ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವೂ, ತನಗೆ ಸಹಜವಾದ ಯಾವ ವಿಕಿರಣವಿರುತ್ತದೆಯೋ, ಅದನ್ನು ಹೀರಲು (absorb) ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಬುನ್‌ಸನ್ ದೀಪದಲ್ಲಿ ಉಪ್ಪನ್ನು ಇಟ್ಟು ಉರಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ವಿಕಿರಣವು ಹಳದಿಯ ಬಣ್ಣವಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಒಂದು ರೋಹಿತಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, ಆ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಎರಡೇ (ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ) ಹಳದಿಗೆರೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಈಗ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೊಡುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ

ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದ ಮೇಲೆ ಸಂಗಮವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪವು ತನಗೆ ಸಹಜವಾದ ವಿಕಿರಣ (D ಗೆರೆಗಳು) ವನ್ನು ಮೂಲ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಹೀರಿ, ಮಿಕ್ಕ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಿ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಬೆಳಕನ್ನು ರೋಹಿತಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಕಾಣುವುದೇನೆಂದರೆ – ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಣರೋಹಿತದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ, ಹಳದಿಯ ಎರಡು ಕಪ್ಪು ಗೆರೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದ ತಾಪವು, ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ತಾಪಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ (D_1 D_2) ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೀರಿ, ತನ್ನ ಕಡಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಗೆರೆಯನ್ನು ಅದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇರಿಸುತ್ತದೆ. ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಇದು ಕಪ್ಪಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ (5.2) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



(a) ಸೋಡಿಯಂ ವಿಕಿರಣ ಪಟಲ

(b) ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಪಟಲ

(c) ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕು ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದ ನಂತರ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮ

ಚಿತ್ರ 5·2 ಗ್ರಹಣಪಟಲ ತತ್ತ್ವದ ನಿರೂಪಣೆ

ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಈ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಹೋಲುವ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಲಾಯಿತು. ಸೂರ್ಯನ ಮಧ್ಯಭಾಗ (core) ದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 2 ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ತಾಪದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಕುಲುಮೆಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಫೋಟೋಸ್ಫಿಯರ್ (photosphere). ಇದರಿಂದ ಸಾವಿರಾರು ಮೈಲಿ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಬಾಹ್ಯವಲಯಗಳ ತಾಪವು ಕೇವಲ 6000° ಇರಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕ್ರೋಮೋಸ್ಫಿಯರ್ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಮಧ್ಯಭಾಗಕ್ಕೆ

ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಇದು ಬಹಳ ತಂಪೆಂದು ಹೇಳಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ, ಮಧ್ಯಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಟ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ವರ್ಣಗಳೂ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಪಟಲದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ. ಕ್ರೋಮೋಸ್ಫಿಯರಿನಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಕಾಣುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಆ ತಾಪದಲ್ಲಿ (6000°C) ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳೂ ತಮ್ಮ ಮೂಲಕ ಮೂಲ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕು ಹಾಯುವಾಗ ಬೆಳಕು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ವೈಯಕ್ತಿಕ ವಿಕಿರಣಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಹೀರಿಬಿಡುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ತಂಪು ವಾತಾವರಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅತಿ ಕಡಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಗೆರೆಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಬೆಳಕನ್ನು ನಾವು ನಮ್ಮ ರೋಹಿತಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, ಅತಿ ಪ್ರಕಾಶವಾದ ವರ್ಣರಂಜಿತ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಾವಿರಾರು ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣಭೂತವಾದ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಕ್ರೋಮೋಸ್ಫಿಯರಿನಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಮುಖ್ಯ ಭೌತ ತತ್ತ್ವವೇನೆಂದರೆ: ಒಂದೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿಗೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ವರ್ಣರೋಹಿತವು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಅದರ ಹಸ್ತಾಕ್ಷರದಂತೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಈ ಗುರುತಿನಿಂದ ಆ ಧಾತುವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೋಹಿತವು ದೃಶ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರದೆ, ಅದರ ಎರಡು ಅಂಚುಗಳಿಗೆ ಆಚೆ ಇರುವ ಅತಿ ನೀಲ (ultra-violet) ಅಥವಾ ಅತಿ ರಕ್ತ (infra-red) ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಇದರ ರಚನೆಯು ಹೇಗೆಯೇ ಇರಲಿ, ಆ ಗುರುತಿನಿಂದ ಮೂಲಧಾತುವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ, ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ದೃಶ್ಯರೋಹಿತ (optical spectra) ವನ್ನಾಗಲಿ X- ಕಿರಣ ರೋಹಿತ (X-ray spectra) ವನ್ನಾಗಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವುರಿಂದ ಆ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನುಮಾಡಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೂ, ರೋಹಿತಕ್ಕೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗುವುದು.

5.2 ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತ

ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ತೊಂಭತ್ತಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಮೂಲಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ, ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇದರ ರೋಹಿತವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಣೆಮಾಡಿ ಅದರ ಸ್ವರೂಪದಿಂದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದೇ ಅತಿ ಸಾಹಸವಾದ ಕೆಲಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಇತರ ಧಾತುಗಳ ವಿಷಯಗಳು ಅತಿ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದುವು.

ಅವುಗಳ ವಿಚಾರವು ಇನ್ನೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಬಗೆಹರಿದಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೊದಲು ಜಲಜನಕವನ್ನೇ ನಿದರ್ಶನವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರ ರೂಪ ರೇಖೆಗಳು ಗೊತ್ತಾದಮೇಲೆ ಇತರ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯವನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

1885 ರಲ್ಲಿ ಬಾಮರ್ (Balmer) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ನಾಲ್ಕು ಪ್ರಮುಖರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಈ ನಿಯಮವೇ ಮುಂದಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಆಧಾರವಾಯಿತು.

$$\lambda = b \frac{n^2}{n^2-4} \qquad (5\cdot1)$$

ಇಲ್ಲಿ λ ರೋಹಿತರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರ A° (ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಮ್ ಮಾನ) ದಲ್ಲಿ

$1 \text{ A}^\circ = 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

b = ನಿಯತಾಂಕ = 3645.6

n = ಪೂರ್ಣಾಂಕ : ಇದರ ಮೌಲ್ಯಗಳು 3, 4, 5, 6....

n ಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಂತೆಲ್ಲ ವಿವಿಧ ರೋಹಿತ ಗೆರೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ λ ಬರುತ್ತದೆ.

ಇದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಘಟನೆ. ಇಷ್ಟು ಸರಳನಿಯಮವನ್ನು ನೋಡಿದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವ್ಯಾಪಾರಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಪಾತ್ರದ ವೈಚಿತ್ರ್ಯವು ವಿಸ್ಮಯಕರವಾಗಿದೆ.

ಉದಾ : $n = 3$ ಆದರೆ,

$$\lambda = 3645\cdot6 \times \frac{3^2}{3^2-4} = 6562\cdot1 \text{ A}^\circ = 6\cdot562 \times 10^{-5} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.} \qquad (5\cdot2)$$

ಇದು H_α ರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮವಾಗಿದೆ.

$n = 4$ ಆದರೆ

$$\lambda = 3645\cdot6 \times \frac{4^2}{4^2-4} = 4860\cdot8 \text{ A}^\circ \qquad (5\cdot3)$$

ಇದು H_β ರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರ.

ಇದಾದಮೇಲೆ 1889 ರಲ್ಲಿ ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ರೋಹಿತದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇತರ ಧಾತುಗಳ ರೋಹಿತಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಒಂದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದರ ರೂಪವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (5\cdot4)$$

ಇದರಲ್ಲಿ $\bar{\nu}$ = ತರಂಗ ಸಂಖ್ಯೆ = $\frac{1}{\text{ತರಂಗಾಂತರ}}$

R = ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕ

m ಮತ್ತು n = ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳು

m ನಿಯತಮಾಡಿ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು n ಗೆ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಿದರೆ, ಹಲವಾರು ರೋಹಿತಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯ ಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ರೂಪಕ್ಕೂ ಬಾಮರ್ ರೂಪದ ಸೂತ್ರಕ್ಕೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಾಮ್ಯವಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಬಾಮರ್ ಸೂತ್ರ :

$$\lambda = \frac{3645.6 \times n^2}{(n^2 - 4)} \text{ A}^\circ$$

$$= \frac{3645.6 \cdot n^2}{(n^2 - 4)} \times 10^{-8} \text{ ಸೆಂ ಮೀ.}$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{(n^2 - 4)}{n^2 \cdot 3645 \cdot 6} \times 10^{-8}$$

$$= \frac{4 \times 10^8}{3645 \cdot 6}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$= R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$= 109720 \left\{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right\} \qquad (5\cdot5)$$

ಇದು ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ಸೂತ್ರವೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ,

R = ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕ = 109720 ಸೆಂ.ಮೀ.$^{-1}$

ಆದಹಾಗಾಯಿತು.

5.3 ಬೋರ್ ತತ್ತ್ವ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಅಂಶಗಳೆಲ್ಲವೂ 1890 ರಲ್ಲಿಯೇ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳು ಕೇವಲ ಅನುಭವಾತ್ಮಕವಾಗಿ (empirical) ಉಳಿದವೇ ಹೊರತು, ಅವುಗಳಿಗೆ ಯಾವ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳಹದಿಯೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಕಾಣಲು ಸುಮಾರು 23 ವರ್ಷಗಳ ವರೆಗೆ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. ಈ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಆಕೃತಿಗಳು ಹೊರಬಿದ್ದವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ

ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಥಾಂಸನ್ ಕಲ್ಪಿಸಿದ ಆಕೃತಿಯಾಗಲಿ, ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಭಾವಿಸಿದ ಆಕೃತಿಯಾಗಲಿ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಅಸಮರ್ಥವಾಯಿತು.

ರದರ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದ ಕೇಂದ್ರೀಯ ಬೀಜಾಂಶದ (nuclear atom) ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯು ಒಂದು ಪ್ರಗತಿಪರವಾದ ಹೆಜ್ಜೆಯಾದರೂ, ಅವನು ಭಾವಿಸಿದ್ದಂತೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಬೀಜಾಂಶದ ಸುತ್ತಲೂ ವರ್ತುಲಾಕಾರವಾಗಿ ಸುತ್ತುವುದರ ಪರಿಣಾಮವು ಪರಮಾಣು ಭದ್ರತೆಗೇ ಅಪಾಯವನ್ನು ತಂದಿತು. ಏಕೆಂದರೆ, ಆಗ ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿದ್ದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಅದು ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಸಂದಿಗ್ಧ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಕಲ್ಪನಾಂಶ (postulates) ಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಇದು ನಡೆದಿದ್ದು 1913 ರಲ್ಲಿ. ಈ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿಶದವಾಗಿ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈಗ ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಭೋರ್ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಬೀಜಾಂಶದ ಸುತ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುವ ಪಥಗಳು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರಬೇಕು.

ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಏಕೈಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳೆಲ್ಲವೂ a_1, a_2, a_3 ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ,

$$a_1 : a_2 : a_3 \quad \ldots \quad a_n$$
$$= 1^2 : 2^2 : 3^2 \quad \ldots \quad n^2$$

ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ತ್ರಿಜ್ಯವು $a_1 = 0{\cdot}53 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿದ್ದು

$$a_2 = 4\, a_1$$
$$a_3 = 9\, a_1$$
$$\ldots \quad \ldots$$
$$a_n = n^2 a_1 \quad \text{ಆಗಿರುತ್ತವೆ.} \qquad (5.6)$$

ಇಲ್ಲಿ n ಎಂಬುದು ಪೂರ್ಣಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿದ್ದು 1, 2, 3, ... n ಆಗಿದ್ದು ಈ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ, ಅವುಗಳು ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಗಳಾಗಿದ್ದು (stationary orbit) ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವು ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಕ್ಕೂ ಒಂದೊಂದು ನಿಯತವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವಿದ್ದು, ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ಮೂರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ n_1 ಮತ್ತು n_2 ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ W_{n1} ಮತ್ತು W_{n2} ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣಗಳಿದ್ದರೆ

$$W_{n1} = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n_1^2 h^2}$$

$$W_{n2} = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n_2^2 h^2}$$

$$W_{n2} - W_{n1} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (5.7)$$

ಇಲ್ಲಿ $m =$ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಡಾಂಶ $= 9 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ

$e =$ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನ $= 4.8 \times 10^{-10}$ e.s.u.

$h =$ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ $= 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕಂಡು

n_1, n_2 ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳು. $n_2 > n_1$

ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ಭೋರ್ ತನ್ನ ಹಿಂದಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಸೇರಿಸಿದನು. ಇದೇನೆಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ n_2 ವೃತ್ತದಿಂದ n_1 ವೃತ್ತಕ್ಕೆ ಧುಮುಕುವಾಗ, ಆ ಪಥಗಳಿಗನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ವಿಕಿರಣ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿ ಒಂದು ರೋಹಿತರೇಖೆಯು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನೂ ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೂ ಕೆಳಗಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿದನು.

ರೋಹಿತರೇಖೆಯ ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆಯು $\bar{\nu}$ ಆಗಿ ತರಂಗಾಂತರವು λ ಆದರೆ,

$$\frac{W_{n2} - W_{n1}}{h} = \nu = \frac{c}{\lambda} = c\,\bar{\nu}$$

$$\therefore \bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{W_{n2} - W_{n1}}{hc}$$

$$= \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (5.8)$$

ಈ ರೂಪವನ್ನು ಬಾಮರ್-ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ಬರುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಮೀಕರಣ (5.5) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕಕ್ಕೆ (R) ಹೋಲಿಸಿದರೆ

$$R = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} \quad \text{ಆಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5.9)$$

ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ m, e, h, c ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ

$$\frac{2\pi^2 \ me^4}{h^3 c} = 109740 \text{ ಸೆಂ.ಮೀ. ಸೆಕಂಡ್}^{-1} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5\cdot10)$$

ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮೌಲ್ಯದ ಪ್ರಕಾರ, ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ

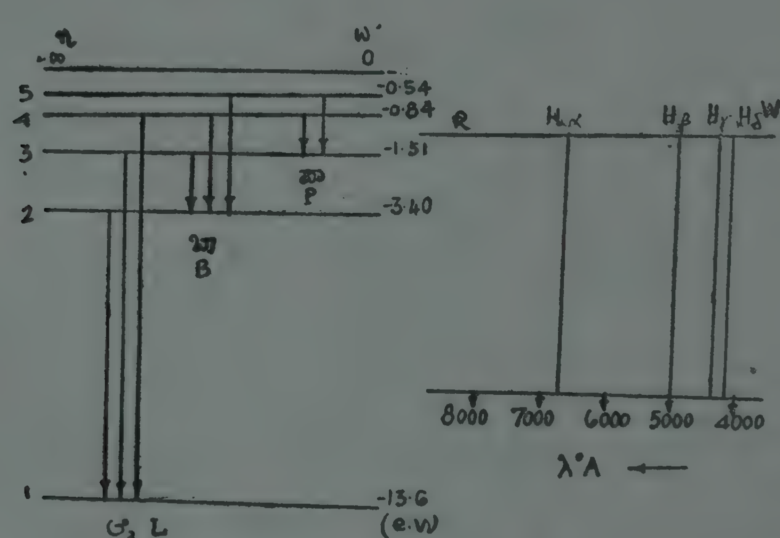
$$R = 109678 \text{ ಸೆಂ.ಮೀ. ಸೆಕಂಡ್}^{-1} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5.11)$$

ಇವೆರಡೂ ಅತಿ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು.

3ನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಭೋರ್ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ

$$R = \frac{2\pi^2 \ me^4}{h^3c}$$

$n_1 = 2; \ n_2 = 3, 4, 5 \ \ldots$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೇಖೆಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಅನ್ವಯ ಮಾಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ n_1, n_2 ಗಳು ಕೇವಲ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳಲ್ಲ. ಅವುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತಬಹುದಾದ ವೃತ್ತಗಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸತಕ್ಕ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳು. ಅವುಗಳನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು. ಒಂದೊಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಒಂದೊಂದು ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿ (energy state) ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಪಥದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪಥಕ್ಕೆ ಧುಮುಕುವಾಗ, ಈ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಡುವೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯುಂಟಾಗಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣವಾಗಿ ಒಂದು ರೋಹಿತ ರೇಖೆಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.



ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು   H ರೋಹಿತದ ಬಾಮರ್ (B) ರೇಖೆಗಳು

ಚಿತ್ರ 5·3–4

ಇದೇ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದರೂ, ಅದರ ಆಧಾರದಿಂದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ n_1, n_2 .... ಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಡುವುದರಿಂದ, ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತದ ಬಾಮರ್, ಲೈಮಾನ್, ಪಾಷೆನ್, ಬ್ರಾಕೆಟ್ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ರೋಹಿತ ಶ್ರೇಣಿಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರಕುತ್ತದೆ.

5.4 ಅವಧಿಕ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳು

ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ನವೀನ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಮಾರ್ಗದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಟ್ಟು ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವುದಕ್ಕೆ (excitation) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯವಿದು. ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಒಂದು ಅತಿ ಸುಲಭವಾದ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವುಳ್ಳ (electric difference of potential) ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿ, ಅದರ ಚಲನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸೇರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ಆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು (eV) ಮಾನದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

$$1 \text{ eV} = 1{\cdot}6 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್} \qquad (5{\cdot}12)$$

ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವಾದ V ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಈಗ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಸುಭದ್ರವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿದ್ದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನ $n=1$ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪಥದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (5.4) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಅದರ ಶಕ್ತಿ (w) ಪ್ರಮಾಣವು — 13.6 eV ಆಗಿರುತ್ತದೆ. V ವೋಲ್ಟ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿರುವ ಹೊರಗಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ನಮ್ಮ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡೋಣ. V ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು 0 ನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒಂದು ಅವಧಿಯು ಬರುವವರೆಗೆ, ಈ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಆಂತರಿಕ ಪರಿಣಾಮವೂ ಆದಂತೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯದಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಚಲನಪರಿಮಾಣಗಳು (kinetic energy and momentum) ಬದಲಾಗಬಹುದೇ ಹೊರತು, ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಏನು ಪರಿಣಾಮವೂ ಇಲ್ಲ. ಇಂಥ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ

ಘರ್ಷಣೆ (elastic collisions) ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. V ಯು ಪ್ರಮಾಣವು 10.2 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ, ಹೊಸ ಸಂಭವವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಅಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯೂ (10.2 eV) ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಗ್ರಹಣ (absorb) ವಾಗಿ, ಅದು ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ (excited).

ಈ ಉತ್ತೇಜನದಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿ (internal energy) ಯು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿ, ಅದರ ಫಲವಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನ ಸ್ಥಾಯೀಪಥವನ್ನು ($n = 1$) ಬಿಟ್ಟು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡನೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಕ್ಕೆ ($n = 2$) ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪಥದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಅತ್ಯಲ್ಪಕಾಲ (10^{-8} ಸೆಕಂಡ್) ಮಾತ್ರ ಇದ್ದು ತನ್ನ ಸ್ವಸ್ಥಾನವಾದ $n = 1$ ಪಥಕ್ಕೆ ವಾಪಸ್ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಾಪಸ್ ಆಗುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಗ್ರಹಣವಾದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯು (10.2 eV) ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಲೈಮಾನ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮೊದಲನೆಯ ರೇಖೆಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಭವದಿಂದ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಖಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಉತ್ತೇಜನವೆಂದರೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯದ ಶಕ್ತಿಯ ಗ್ರಹಣವೆಂದರ್ಥ. ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಶಕ್ತಿಯ ಗ್ರಹಣವೂ ಕೂಡ ಅದೇ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ನಿಗದಿಯಾದ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣಗಳು ಹಂತ ಹಂತ ವಾಗಿ ಗ್ರಹಣವಾಗುತ್ತವೆ ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಹಂತವು $V = 10.2$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲನೆಯ ಅವಧಿಕ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (first critical potential) ವೆಂದು ಹೆಸರು.

ಈ ಹಂತದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕವಲ್ಲದ (inelastic) ಘರ್ಷಣೆ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದೇ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, V ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು 10.2 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಮುಂದಿನ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ $V = 12.09$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ($W_3 - W_1$) ಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿದ್ದು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು $n = 1$ ರಿಂದ $n = 3$ ಪಥಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರದೆ, $n = 2$, $n = 1$ ಪಥಗಳಿಗೆ ಮರಳುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣ ವಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣವಾಗಿ, ಬಾಮರ್ ಅಥವಾ ಲೈಮಾನ್ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣುವ ಸಂಭವವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. $n = 1$ ರಿಂದ $n = 2, 3, 4$ ಪಥಗಳಿಗೆ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳು, ಕ್ರಮವಾಗಿ 10.2, 12.09, 12.75 .... ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ವಿವಿಧ ಅವಧಿಕ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (critical potentials) ಅಥವಾ ಅನುರಣಕ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (resonance potentials) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆಯೇ V ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಅಂತಿಮವಾಗಿ $V = 13.6$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಮೌಲ್ಯ

ವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಂಭವವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ (-13.6 eV $= w_1$) ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ($+13.6$ eV) ಶಕ್ತಿಯು ಕೊಡುವುದರ ಫಲವಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು $n = 1$ ಪಥದಿಂದ $n = \infty$ ಗೆ ಅಂದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಬಂಧನವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತ್ಯಜಿಸಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಾಂಶವಾದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮಾತ್ರ ಉಳಿದು ಪರಮಾಣುವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭಜನೀಕೃತ (ionised) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ 13.6 ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (ionisation potential) ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಜಲಜನಕದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವಿರಬೇಕು. ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವುದರಿಂದ, ಅದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕಮೌಲ್ಯಗಳುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳು 24.5 ಮತ್ತು 78.6 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತವೆ

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳು, ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಹಲವಾರು ಇತರ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಬಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಬೆಂಬಲ ದೊರಕಿತು.

5.5 ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ರೋಹಿತಗಳು

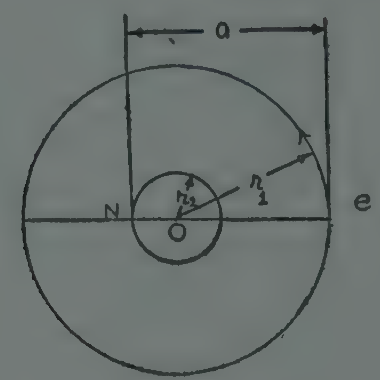
ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಮುಖ್ಯ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಮೊದಲು ಸರಳ ರಚನೆಯ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಅನ್ವಯ ಮಾಡಿದನು. ಇದರಿಂದ ಹಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಮರ್ಥನೆಗಳು ದೊರೆತರೂ, ಅವನಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮಾಧಾನವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆ ($\bar{\nu}$) ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ

ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, R = ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕ = 109678 ಸೆಂ.ಮೀ.$^{-1}$

$$\text{ಭೋರ್ ಸಮೀಕರಣದಂತೆ} \quad \frac{2\pi^2 me^4}{h^3c} = 109740 \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.}^{-1}$$

ಅತಿಸಮೀಪವಾಗಿದ್ದರೂ, ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅರ್ಥವಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಿ, ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಕಲ್ಪನಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಿ ನೋಡಲು ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಿದನು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೇಂದ್ರದ ಬೀಜಾಂಶದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವಾಗ ಬೀಜಾಂಶ (N) ವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ, ಈ ಬೀಜಾಂಶದ ಜಡಾಂಶ (M) ವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಡಾಂಶ (m) ಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಬಹಳ

ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೂ, ಜಲಜನಕವಾದ ನಂತರ ಇರುವ ಹಲವಾರು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ತೂಕವೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಅದರ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ (Ze) ವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಒಂದು ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೇಂದ್ರ (N) ವೂ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರದೆ, ಸಣ್ಣ



ಚಿತ್ರ 5·5 ಕೇಂದ್ರ ಬೀಜಾಂಶದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಜಡಾಂಶದ ತಿದ್ದುಪಡಿ
(Correction for finite mass of nucleus)

ತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿದನು. ಅಂದರೆ, ಕೇಂದ್ರ (N) ವೂ ಹೊರಗಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ 'e' ಯೂ ಕೂಡ r_2 ಮತ್ತು r_1 ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ O ಎಂಬ ಗುರುತ್ವಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾಂಶದ ಕೇಂದ್ರ (N) ದಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶ $= +Ze$. ಅದರ ತೂಕ $= M_z$. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ತೂಕ $= m$, ವಿದ್ಯುದಂಶ $= -e$. ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ $= a$ [ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ $a = r_1 + r_2$] ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಮುತ್ವವೇನೆಂದರೆ, ಹೊರಗಡೆ ಸುತ್ತುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಮಾತ್ರ; ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ತೂಕ ಬೇರೆಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. $Z = 1$ ಆದರೆ, ಜಲಜನಕವಾಗುತ್ತದೆ; $Z = 2$ ಆದರೆ, ಒಂದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊಂದಿರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು. ಅಂದರೆ, ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿರಬೇಕಾದ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಿದರೆ ಉಳಿಯುವುದು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು (He^+) (singly ionised helium atom) ಇದರ ರೋಹಿತವನ್ನು ಕಿಡಿರೋಹಿತ (spark spectrum) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಲಿಥಿಯಂನಲ್ಲಿರುವ ಮೂರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಿದರೆ, ಉಳಿಯುವುದು (Li^{++}). ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮಾತ್ರ ಇದ್ದು $Z = 3$ ಆಗುತ್ತದೆ. Z ಮೌಲ್ಯಗಳು ಬೇರೆಯಾದರೂ, ಹೊರಗಡೆ ಸುತ್ತುವುದು ಒಂದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆದ್ದರಿಂದ H, He^+, Li^{++} ಗಳ ರೋಹಿತಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ He^+ ಮತ್ತು Li^{++} ಗಳು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳೆಂದು ಹೆಸರನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

ಈ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ, ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿದ ಸಮೀಕರಣವು ಕೆಳಗಿನ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದಿತು.

$$\bar{\nu} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3c} \cdot \frac{M_z}{M_z + m} \cdot Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$= R_\infty \cdot Z^2 \cdot \frac{M_z}{M_z + m} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (5\cdot13)$$

ಇದನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ಒಂದು ಮೂಲಬದಲಾವಣೆಯಾಗಿರುವುದು. 'R' ಎಂದು ನಿಯತಾಂಕವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಬದಲು, ಅದನ್ನು ಗುಣಿಸುವ ಒಂದು ಪದವಿನ್ಯಾಸವಿದೆ. ಇದರಿಂದ Z ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಯು ಬದಲಾಯಿಸಿದಂತೆ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ನಿಯತಾಂಕವು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಜಲಜನಕ : $Z = 1$

$$\bar{\nu} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3c} \cdot \frac{M_H}{(M_H + m)} = R_\infty \cdot \frac{M_H}{(M_H + m)} \qquad (5.14)$$

ಇಲ್ಲಿ M_H = ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ತೂಕ = 1840 m ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ನಿಯತಾಂಕವು R_H ಆದರೆ,

$$R_H = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3c}\left(\frac{1840\ m}{1841\ m}\right)$$

$$= 109740 \left(\frac{1840}{1841}\right)$$

$$= 109680 \text{ (ಸುಮಾರು) ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5\cdot15)$$

ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಬಂದ ಬೆಲೆಗೂ ಇದಕ್ಕೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಇದರಿಂದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು.

He^+ $Z = 2$

$$\bar{\nu} = R_\infty \cdot \frac{M_{He}}{(M_{He}+m)} \cdot 2^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right).$$

$$= R_{He}\, 4 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (5.16)$$

$M_{He} = 4\,M_H$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಇದನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

He^+ ಸೋಹಿತದ ಹಲವಾರು ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಸಮತ್ವವು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ, ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಬಂದಿತು.

5.6 ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮರಚನೆ—ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿ

ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯ ರಚನೆಯ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಮಾಡಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಭೋರ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಮಾದರಿಯು ಪ್ರಮುಖಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಆದರೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಂದ ಜಲಜನಕದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿಯೇ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಹಲವಾರು ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಕಾಣುವ H_α ರೇಖೆಯನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯು ಇದೆ. ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಹಲವು ಅಂಗರೇಖೆಗಳು ಇವೆ. ಭೋರ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಸರಳ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಂದ ಇವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುವ ವಿವರಣೆಯು ದೊರಕುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ರೇಖೆಗಳು ದ್ವಿಗುಣ ಮತ್ತು ತ್ರಿಗುಣವಾಗುವುದನ್ನೂ ಸಾಧಿಸುವಂತಿಲ್ಲ. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಆಕೃತಿಯು ಇನ್ನೂ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾಗಿರಬಹುದೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಗೆ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಬದಲು, ನಾಲ್ಕು ಅಥವಾ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವಾಗ, ಏಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಪೌಲಿ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, K, L, M .... ಮುಂತಾದ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೂ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತದೆ, ದೀರ್ಘವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಈ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದರೊಂದಿಗೆ, ತನ್ನ ಅಕ್ಷದಮೇಲೆ ಭ್ರಮಣಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಪಥದ ಚಲನಪರಿಮಾಣ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣ ಚಲನಪರಿಮಾಣಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವಿರುವುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯ ಚಲನಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಪಥಗಳು ಬಾಹ್ಯಾವರಣದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟದಿಕ್ಕುಗಳ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿ ಮಾತ್ರ

ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ (spatial quantisation) ಒಳಪಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಈ ಅಂಶಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈಗಾಗಲೇ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿವೆ.

ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ, ಪ್ರಧಾನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (n) ಯ ಜೊತೆಗೆ ಕೆಲವು ನಿಯಮಬದ್ಧವಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳುಳ್ಳ ಮೂರು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು l, s, j ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

$j = l \pm s$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ $s = \frac{1}{2}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ,

$$j = l \pm \tfrac{1}{2} \tag{5.17}$$

ಹೀಗಾಗಿ ಭೋರ್ ಸರಳತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ n ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬದಲು, ಕೆಲವು ಉಪಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಬಾಮರ್ ರೇಖೆ H_α ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು $n = 3$ ರಿಂದ $n = 2$ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯೆಂದು ತಿಳಿಸಿದೆವು. ಈಗ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ $n = 3$ ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಹಲವು ಮಟ್ಟಗಳೂ, $n = 2$ ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಕೆಲವು ಮಟ್ಟಗಳೂ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಎರಡು ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ ಹಲವು ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗೂ ಒಂದೊಂದು ರೇಖೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ H_α ರೇಖೆಗೆ ಹಲವು ಅಂಗರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿದ್ದಂತಾಯಿತು. ಇದನ್ನೇ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಒಂದೊಂದು ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟವನ್ನೂ n, l ಮತ್ತು j ಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಮೂರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, l ಮತ್ತು j ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಕ್ಲೃಪ್ತವಾಗಿರುವ ರೀತಿ ಹೀಗಿದೆ :

$n = 2$	$l = 0$	$j = (1 + \frac{1}{2}) = + \frac{1}{2}$	(i)
	$l = 0$	$j = (1 - \frac{1}{2}) = - \frac{1}{2}$ ಇದಕ್ಕೆ ಅರ್ಥವಿಲ್ಲ	
	$l = 1$	$j = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$	(ii)
	$l = 1$	$j = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$	(iii)
		ಒಟ್ಟು 3 ಮಟ್ಟಗಳು	

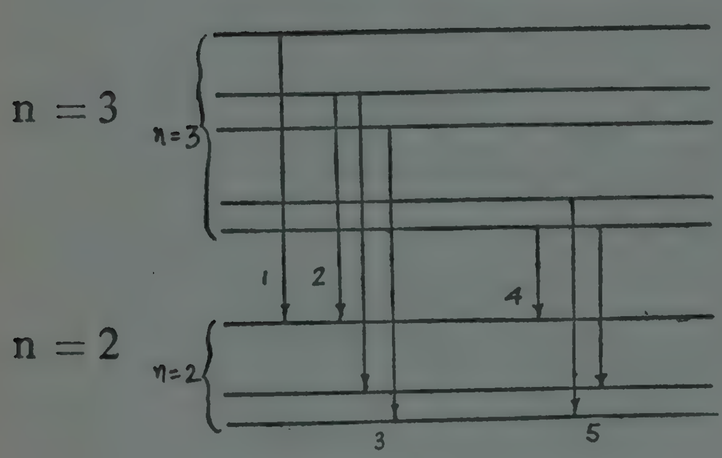
$n = 3$	$l = 0$	$j = \frac{1}{2}$	(i)
	$l = 1$	$j = \frac{3}{2}$	(ii)
	$l = 1$	$j = \frac{1}{2}$	(iii)
	$l = 2$	$j = \frac{5}{2}$	(iv)
	$l = 2$	$j = \frac{3}{2}$	(v)
		ಒಟ್ಟು 5 ಮಟ್ಟಗಳು	

H_α ರೇಖೆಗೆ ಕಾರಣವು $n = 3$ ಮಟ್ಟದಿಂದ $n = 2$ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯೆಂದರೆ, ($n = 3$) ಮೊದಲಿನ 5 ಮಟ್ಟಗಳಿಂದ ಎರಡನೆಯ ($n = 2$) ಮೂರು ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

ಆದರೆ, ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸಾಧುವಾಗಿಯೂ, ಕೆಲವು ನಿಷಿದ್ಧವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇದರ ನಿಯಮಗಳು (selection rules) ಹೀಗಿವೆ:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta l = \pm 1 \\ \Delta j = \pm 1 \text{ ಅಥವಾ } \Delta j = 0\end{array}\right\} \quad (5.18)$$

ಈ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸಬಹುದು.



l	j	ಪದ (Term)
2	$\frac{5}{2}$	$D_{\frac{5}{2}}$
2	$\frac{3}{2}$	$D_{\frac{3}{2}}$
1	$\frac{3}{2}$	$P_{\frac{3}{2}}$
1	$\frac{1}{2}$	$P_{\frac{1}{2}}$
0	$\frac{1}{2}$	$S_{\frac{1}{2}}$
1	$\frac{3}{2}$	$P_{\frac{3}{2}}$
1	$\frac{1}{2}$	$P_{\frac{1}{2}}$
0	$\frac{1}{2}$	$S_{\frac{1}{2}}$

ಚಿತ್ರ 5·6 ಜಲಜನಕದ H_α ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆ

ನಿಯಮಬದ್ಧವಾದ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಂದ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಸಂಧಿರೇಖೆಗಳನ್ನು ↓ ಸಂಕೇತದಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಇಂಥ ಏಳು ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ 3 ಮತ್ತು 5 ರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಮಾನಸಂಧಿಗಳಿವೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ 5 ಅಂಗರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು.

ಪಟ್ಟಿಯ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದೊಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಪದವಿವರಣೆ ಇದೆ. $l = 0$ ಎಂದರೆ S. $l = 1$ ಎಂದರೆ P. $l = 2$ ಎಂದರೆ D. ಹೀಗೆ ಸಂಕೇತಗಳಿವೆ. ಇದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ j ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತೋರಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಂಕೇತದ ಪ್ರಕಾರ

$$\begin{array}{lll}\text{ರೇಖೆ 1} & \text{ವಿವರಣೆ} & 3\,D_{5/2} \rightarrow 2\,P_{3/2} \\ \text{ರೇಖೆ 4} & \text{ವಿವರಣೆ} & 3\,S_{1/2} \rightarrow 2\,P_{3/2}\end{array} \quad (5.19)$$

ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವ ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಇಷ್ಟು ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಮಟ್ಟಗಳಿರ ಬೇಕಾದರೆ, ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಆ ಎಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಸದಿಶರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದರ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಎಷ್ಟು ಸಂದಿಗ್ಧವಾಗುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಅರಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳ ರಚನೆಗಳಿಲ್ಲವೂ, ಹೊರಗಿನ ವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಹೆಸರಿರುವ ಸಂಯೋಗ ಶಕ್ತಿಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವಲನಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆಯಾದರೂ, ಒಳಗಿನ ವಲಯುಗಳಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣ ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆ (z) ಯು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ತೂಕಗಳೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದರಿಂದ ಅತಿ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಉದ್ಭವವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಪರಮಾಣುರಚನೆಗೂ, ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳ ರಚನೆಗಳಿಗೂ ಸಮಂಜಸವಾದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ರೋಹಿತಶಾಸ್ತ್ರವು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾದ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಶಾಖೆಯಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ.

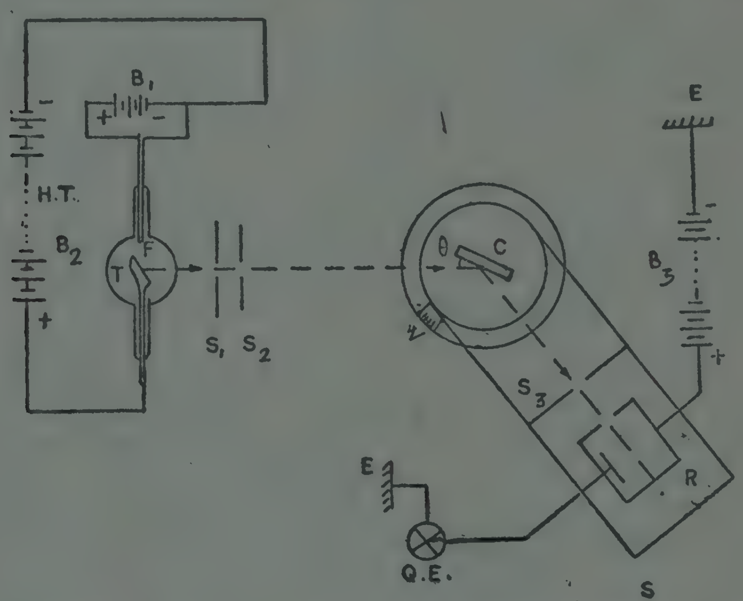
ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ರೋಹಿತಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಇನ್ನೂ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ರಚನೆಗಳನ್ನುಳ್ಳ ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಅಂಗರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳೂ 1 A° ಗಿಂತಲೂ ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಕಾರಣವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಾಂಶದ ಕಣಗಳ ರಚನೆಯನ್ನೂ ಚಲನವಲನಗಳನ್ನೂ ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

5.7 X-ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳು

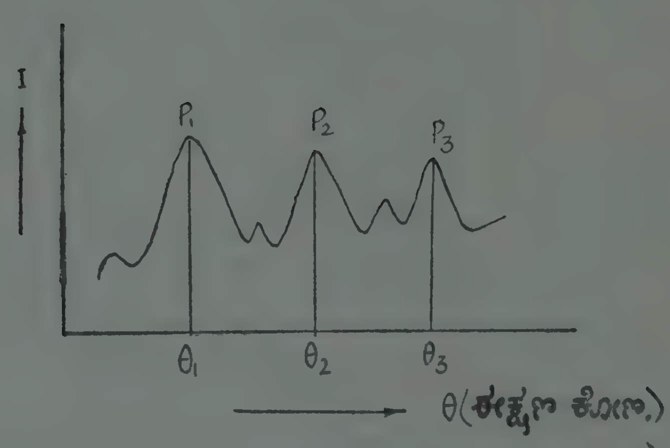
ಇದುವರೆಗೂ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿರುವ ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ದೃಶ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ ರಕ್ತಾತೀತ (infra-red) ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ, ನೀಲಿ ಅಂಚಿಗೆ ಆಚೆ ಇರುವ ನೀಲಾತೀತ (ultra-violet) ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ದೃಶ್ಯ ರೋಹಿತದ ಎರಡು ಮಿತಿಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು 4000 A° – 7000 A° ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನೀಲಾತೀತ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 1000 A° ವರೆಗೂ, ರಕ್ತಾತೀತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ 10,000 A° ಮತ್ತು ಅದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಯೂ ಅವಧಿಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ದೃಶ್ಯರೇಖೆಗಳಿಗೂ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರ ವಲಯುಗಳಲ್ಲಿ (ಅಪೂರ್ಣ) ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಸಂಯೋಗಶಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವಲನಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಯಿತು.

ಈಗ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಪೂರ್ಣವಾಗಿರುವ ಒಳವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯವಾಗಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಭೂತವಾಗುವಂತೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಭಾವವಿರಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಒಳವಲಯ (K, L ...) ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೂ ಕೇಂದ್ರ ಬೀಜಾಂಶಕ್ಕೂ ಬಂಧನಶಕ್ತಿಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ. ಈ ಬಂಧನಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಲಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ವಲಯಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, x-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿರುವ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯು ಆವಶ್ಯಕ.



ಚಿತ್ರ 5·7 (*a*) ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ರೋಹಿತಮಾಪಕ



ಚಿತ್ರ 5·7 (*b*) x-ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, L ವಲಯದಿಂದ K ವಲಯಕ್ಕೂ, M ವಲಯದಿಂದ L ವಲಯಕ್ಕೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಚಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿದ್ದು ಆ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರವು X-ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಅವಧಿಗಳು ಸುಮಾರು 0.1 A° — 10 A° ಇರಬಹುದು. ಇದು ಅದೃಶ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ

ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತಗಳಿಗೆ ಅನುಕೂಲವಾಗುವ ರೋಹಿತಮಾಪಕಗಳು ಪ್ರಯೋಜನ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳಿಗಾಗಿಯೇ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಉಪ ಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬೇಕು.

ಇದರಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ರೋಹಿತಮಾಪಕ (Bragg spectrometer) ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ತರಂಗಾಂತರಗಳ X – ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತವೆ.

ಮೊದಲು ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುವ ಮೂಲಸ್ಥಾನ. ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಗಿ ಅನಿಲಗಳ ಹಬೆಯ ನಾಳಿಕೆ (gas discharge lamps) ಗಳಾಗಿರಬಹುದು ಅಥವಾ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ನಾವು ಈ ಉಪ ಕರಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು X–ಕಿರಣದ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ X – ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೋಹಿತಮಾಪಕವನ್ನು ಅಶ್ರಗದ ಜೊತೆ ಯಲ್ಲಿಯೋ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಒಂದು ರೇಖಾಫಲಕದ ಮೂಲಕವೋ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ರೋಹಿತಮಾಪಕದ ಕಾಲಿಮೇಟರ್ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಬಿಂಬದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗ್ರೇಟಿಂಗ್‌ನ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಆಯಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ದೂರದರ್ಶಕ ಭಾಗವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಪ್ರಕಾಶರೇಖೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಈ ಕೋನಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿ, ಗ್ರೇಟಿಂಗ್‌ನ ನಿಯತ ಅಂತರ (grating constant) ವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡು ಒಂದು ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ನೋಡುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಆ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಛಾಯಾಚಿತ್ರದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕಾಶರೇಖೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಫಲವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಗ್ರೇಟಿಂಗ್‌ನ ನಿಯತಸಂಖ್ಯೆ ಅಂದರೆ, ಪಾರ ದರ್ಶಕ ಅಂತರಗಳು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿಯೂ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ (λ) ದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಅದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಗ್ರೇಟಿಂಗ್‌ನಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ 1 ಅಂಗುಲಕ್ಕೆ 15,000 ಅಥವಾ 20,000 ಸಮಾನಾಂತರ ರೇಖೆಗಳು ಇರಬೇಕು.

ಈ ರೋಹಿತಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಭಾಗವನ್ನು X – ಕಿರಣದ ಉಪ ಕರಣದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನೇ ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ರೋಹಿತ

ಮಾಪಕವೆಂದು ಕರೆಯುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಲಿಮೇಟರ್ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಸೂರಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ದಪ್ಪನಾದ ಸೀಸದ ತಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೊರೆಯಲಾಗಿರುವ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿರುವುದರ ಮೂಲಕ ಕಿರಣಗಳು ನೇರವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೂ ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ವರ್ತುಲ ಮೇಜಿನ ಬದಲಾಗಿ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಅಂತಹದೇ ಒಂದು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಆಧಾರ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಮೇಲೆ ರೇಖಾ ಫಲಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಕಲ್ಲುಪ್ಪು, ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್‌ಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ — ಈ ಹರಳುಗಳ ಅಂತರ್ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು ಅತಿ ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೂ ಅತಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿಯೂ, x–ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗದೂರ (λ) ಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಯು ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಜಾಲಕ (three-dimensional lattice) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ x–ಕಿರಣಗಳು ಹಾಯ್ದು ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೂರನೆಯ ಭಾಗವಾದ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, x–ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನಾಲಯ (ionisation chamber) ವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಇರುವ ಅನಿಲಗಳ ಮೂಲಕ x–ಕಣಗಳು ಹಾಯುವಾಗ ಆ ಅನಿಲಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನೆ (ionisation) ಹೊಂದಿ, ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ಕಣಗಳಿಂದ (ions) ಏರ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರಿಂದ x–ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕವಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಛಾಯಾಚಿತ್ರದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನಾಲಯವನ್ನು ಒಂದು ನಾಳಿಕೆಗೆ ಅಳವಡಿಸಿ ಅದನ್ನು ತಿರುಗಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದ್ದು ಆ ಕೋನಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆದು ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಈ ವಿವರಣೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ. 5·7 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡಬಹುದು.

x ಎಂಬುದು x–ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ನಾಳಿಕೆ. ಇದು ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿರನಿಲವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದರ ಒಂದು ಕಡೆ F ಎಂಬುದು ಲೋಹ ತಂತು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶ B_1 ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ತಂತುವಿನ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಿದರೆ, ಅದು ಕಡುಗೆಂಪಾಗಿ (red-hot) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ T ಎಂಬುದು ಲಕ್ಷ್ಯ ವಸ್ತು. ನಾವು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನ x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕೋ

ಆ ವಸ್ತು (ಲೋಹ) ವನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಹಲವಾರು ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾದ x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು B_2 ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಅತಿ ಬೃಹತ್ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ (high-tension battery) ದ ಧನಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿಸಬೇಕು. ಇದರ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಪ್ರಮಾಣವು 50,000 V, 100,000 V ಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ x–ಕಿರಣಗಳ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯು ಹೆಚ್ಚಿ, ತರಂಗಾಂತರವು ಕಡಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ತರಂಗಾಂತರ (λ) ವು ಕಡಮೆಯಾದಷ್ಟೂ ಅದರ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯು ಹೆಚ್ಚು. F ತಂತುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಬೃಹತ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಾಯುವಾಗ ಅಪಾರವಾದ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತು (T) ವನ್ನು ಘರ್ಷಣೆಮಾಡಿ ತಡೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ತೀವ್ರವೇಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಥಟ್ಟನೆ ತಡೆ ಹೊಂದುವುದರಿಂದಲೇ, x–ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅತಿ ಕಡಮೆ ತರಂಗದೂರದ (ಸುಮಾರು 1–5 A°) ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ರೋಹಿತಮಾಪಕ ಭಾಗ (S) ಮೇಲೆ ವಿಶದವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ ಇದರ ಮೂರು ಭಾಗಗಳು ನಿರೂಪಿತವಾಗಿವೆ. x–ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಕಿರಣಗಳು S_1–S_2 ಎಂಬ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತವಾದ ರೇಖೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರವಾಹವಾಗಿ, ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ವರ್ತುಲತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲಿರುವ C ಎಂಬ ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ಹರಳು ಕಲ್ಲುಪ್ಪಿನದಾಗಿದ್ದರೆ (rock-salt) ಅದರ ಸೀಳುಪದರಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡು ಅದರ ಮೇಲೆ ಅಧಿಪತಿತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. x–ಕಿರಣಗಳು ಆ ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಈಕ್ಷಣಕೋನ (glancing angle) ವನ್ನು ಗುರುತುಮಾಡಬೇಕು. x–ಕಿರಣಗಳು ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರ ಒಳಗಿನ ಜಾಲಕದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಕೋನದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಲು ತಿರುಗುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನಾಲಯದ ನಾಳಿಕೆ (I) ಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸುತ್ತ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಕೋನದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು Q ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ x–ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗದೂರವು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ (monochromatic) ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ x–ಕಿರಣಗಳು θ ಪ್ರಮಾಣದ ಈಕ್ಷಣಕೋನದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳು ಈ ಮೂಲದಿಕ್ಕಿಗೆ 2θ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಬಾಗಿರುವಂತೆ, ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭಜನಾಲಯ

ವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ನಾಳಿಕೆ (tube) ಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅಳೆಯು ಲಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು (I) ಅತ್ಯುಚ್ಚವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, θ ಪ್ರಮಾಣಗಳು, θ_1, θ_2, ...ಆಗಿರುವಾಗಲೂ, ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 5·7 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. P_1, P_2, P_3....ಶೃಂಗಗಳು θ_1, θ_2, θ_3....ಕೋನಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ ರುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ ಉಪಕರಣದ ವಿವಿಧಭಾಗಗಳ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ತಿಳಿದಮೇಲೆ, ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ರೂಢಿಸುವುದನ್ನು ಈಗ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

x-ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತೀವ್ರ ವೇಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತು (T) ವಿನ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆಯಾದರೆ, x–ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ರೋಹಿತಮಾಪಕದಿಂದ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ:

(1) x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೋಹಿತವಾಗಿದ್ದು ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಚೂಪಾದ ಅಂಚು ಇರುತ್ತದೆ. ಅದು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕನಿಷ್ಠ ತರಂಗ (λ_{min}) ದೂರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ; ಇದು ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

(2) ಈ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೋಹಿತದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ರೋಹಿತವು ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ವೈಯಕ್ತಿಕ ಅಥವಾ ವಿಶಿಷ್ಟ x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ತರಂಗ ದೂರಗಳು ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 5·7 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ θ_1, θ_2... ಕೋನಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶೃಂಗಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟವು.

ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮವಾಗಿ ನಾವು ಬದಲಾಯಿಸಿ, ಒಂದೊಂದಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಚಿತ್ರ 5.7 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಪರಿಶೀಲನೆ ನಡೆಸಿದರೆ, ಆ x–ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗದೂರ (λ) ವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕೆಳಗೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಬ್ರ್ಯಾಗ್ ಸೂತ್ರ

$$
\begin{aligned}
2d \sin \theta_1 &= 1\lambda \\
2d \sin \theta_2 &= 2\lambda \\
&\cdots \\
2d \sin \theta_n &= n\lambda
\end{aligned}
\tag{5.20}
$$

ಇಲ್ಲಿ θ_1, θ_2 ಗಳು ಚಿತ್ರ 5·7 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. d= ಜಾಲಕ ನಿಯತಾಂಕ (lattice space in the crystal).

ಇದಕ್ಕೆ ನಾವು ಯಾವ ಹರಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆಯೋ, ಅದರ ಅಂತರ್ರಚನೆಯನ್ನು ಹರಳು ಶಾಸ್ತ್ರ (crystallography) ದಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು. ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸೀಳುಪದರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆಯೋ ಅದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ d ಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು.

ಕಲ್ಲುಪ್ಪು (NaCl) ಹರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, $d=2{\cdot}8\times10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗುತ್ತದೆ.

$\theta_1 = 11^\circ{\cdot}8$ ಆದರೆ

$$\lambda = 2 \times 2{\cdot}8 \times 10^{-8} \times \sin 11^\circ{\cdot}8$$

$= 1{\cdot}5 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. $= 1.15$ A° ಆಗುತ್ತದೆ. (5·21)

5.8 ಮೋಸ್ಲಿ ನಿಯಮ

ವಸ್ತುಗಳ x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತಗಳ ವಿಷಯಗಳ ಬಗೆಗೆ ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ನಿಯಮವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಮೋಸ್ಲಿ 1913-14 ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಈ ಮೇಧಾವಿಯು ಅತ್ಯಲ್ಪಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಅಪಾರವಾದ ಕೀರ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧನಾದನು. ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಯೇ ಅಕಾಲ ಮರಣಕ್ಕೆ ತುತ್ತಾದ ಈ ತರುಣ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದ್ದ ಸೇವೆಯು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಲಭಿಸದಿದ್ದುದು ದುರ್ದೈವದ ಸಂಗತಿ.

ಮೋಸ್ಲಿಯು x–ಕಿರಣದ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಚಿನ್ನದವರೆಗೆ ಸುಮಾರು 40 ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯಗಳನ್ನಾಗಿಟ್ಟು ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ವಿಶಿಷ್ಟ x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಿದನು. ಇವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು 0.4 A° ಇಂದ 8 A° (1 A° $= 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ.) ಗೆ ಸೀಮಿತವಾಗಿದ್ದಿತು. ರೋಹಿತಗಳ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಛಾಯಾಚಿತ್ರದ ತಟ್ಟೆಗಳ ಮೇಲೆ ತೆಗೆದು ಅವುಗಳ ಕಾಂತಿ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ (intensities) ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಗೊತ್ತಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ:

(1) ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಮೊದಲನೆಯದಾದ K ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಕಡಮೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ತರಂಗಾಂತರಗಳು L ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ (L-series) ಅಡಗಿವೆ.

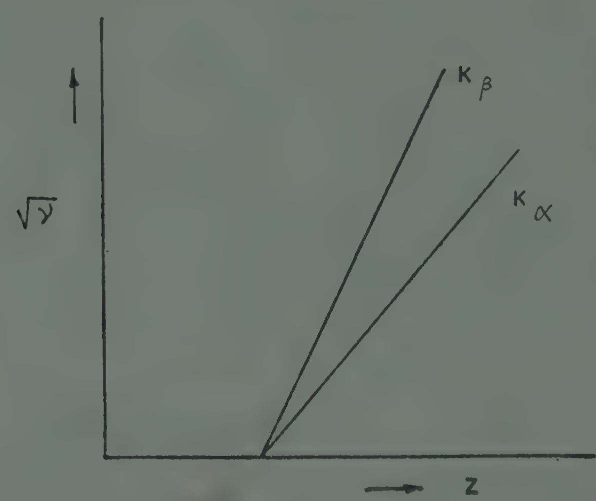
(2) ದೃಶ್ಯ ರೋಹಿತದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, x–ಕಿರಣಗಳ ರೇಖೆಗಳು ಕಡಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸರಳರಚನೆಯುಳ್ಳಂತೆಯೂ ಕಂಡು

ಬರುತ್ತದೆ. ಲಕ್ಷ್ಯ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುತೂಕ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಡೆಗೆ ಸರಿಯುತ್ತವೆ.

(3) ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ (z) ಯನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳನ್ನು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ K_α ರೇಖೆ) ಮಾತ್ರ ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಸ್ಪಂದನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೂ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಸರಳ ನಿಯಮವಿರುತ್ತದೆ. ν = ಸ್ಪಂದನಸಂಖ್ಯೆಯೂ, z = ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಆಗಿದ್ದು, $\sqrt{\nu}$ ಮತ್ತು z ಗಳನ್ನು ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತರಹ ಸಂಬಂಧವೇ ಮಿಕ್ಕ ಶ್ರೇಣಿಗಳಿಗೂ (L, M...) ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

$$\sqrt{\nu} = R\,(Z - b) \qquad (5\cdot22)$$

ಇದೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಮೋಸ್ಲಿ ನಿಯಮ.



ಚಿತ್ರ 5·8 ಮೋಸ್ಲಿ ನಿಯಮ

ಈ ನಿಯಮದ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವು ಅತಿ ಮಹತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದೆ.

(i) ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದಂತೆ, ಸರಳರೇಖೆಯು ಬರಬೇಕಾದರೆ $\sqrt{\nu}$ ಮತ್ತು z ಗಳನ್ನು ಎರಡು ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನಮೂದಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆ (z) ಗೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವಿದೆಯೇ ಹೊರತು, ಪರಮಾಣುತೂಕ (A) ಕ್ಕೆ ಅಲ್ಲ. ಭೌತ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದಲೇ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. z ಎಂಬುದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುನ್ಮಾನವೆಂದಾಗಲಿ ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೆಂದಾಗಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

(ii) ಈ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಧಾತುಗಳ ಆವರ್ತ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಬಹುದು.

ಉದಾ: ಆರ್ಗಾನ್ ತೂಕವು 40 ಆಗಿದ್ದರೂ, ಇದಾದಮೇಲೆಯೇ ಕಡಮೆ ತೂಕ (39) ದ ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಬರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಆರ್ಗಾನ್ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆ 18 ಮತ್ತು ಅದಾದಮೇಲೆ ಪೊಟಾಸಿಯಂಗೆ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ = 19.

ಆದ್ದರಿಂದ $_{18}A^{40}$ ಆದಮೇಲೆ $_{19}K^{39}$ ಬರಬೇಕಾದುದೇ ಸಾಧುವಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆಯೇ, $_{27}Co^{58\cdot9}$ ಆದಮೇಲೆ $_{28}Ni^{58\cdot7}$ ಬರಬೇಕು.

(iii) ಈ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಮೋಸ್ಲಿ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಖಾಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡರೆ, ಆ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದೆ ಗೊತ್ತಾಗಬಹುದಾದ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು ಇರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಈ ತತ್ತ್ವದಿಂದಲೇ, ಹ್ಯಾಫ್‌ನಿಯಂ, ಇಲಿನಿಯಂ, (Hf 72, Il 61...) ಮುಂತಾದ ಕೆಲವು ಹೊಸ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು.

(iv) ಕೆಲವು ಅಪೂರ್ವ ಮೃತ್ತು (rare earths) ಗಳ ಪರಮಾಣುಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧಾರಮಾಡಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಎಲ್ಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳ x-ಕಿರಣಗಳ ರೇಖೆಗಳನ್ನು K, L, M, N, ... ಶ್ರೇಣಿಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಒಂದೊಂದರಲ್ಲಿಯೂ, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆ (fine structure) ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅಂಗರೇಖೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. x-ಕಿರಣಗಳ ರೇಖೆಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುರಚನೆಯನ್ನೂ x-ಕಿರಣದ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉತ್ತೇಜನ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನೂ (excitation voltage) ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

5.9 X-ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆ

ವಸ್ತುಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ x-ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತಕ್ಕೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಭೋರ್ ನಿಯಮಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಕ್ರಮದಲ್ಲಿ K, L, M....ಎಂಬ ವಿವಿಧ ವಲಯಗಳನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿರುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು Z ಆಗಿದ್ದರೆ, ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶವು +Ze ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅತಿಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ

K ವಲಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಾನವಿರುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದಾಚೆಗೆ L, M... ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ 8, 18.... ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರಬಹುದು. ಹಗುರವಾದ ಧಾತುಗಳಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ K ವಲಯದಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಮುಂದಿನ ವಲಯಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ತುಂಬುತ್ತಹೋಗುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಿರುವ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ K ವಲಯಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ K ವಲಯದಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಉಚ್ಚಾಟನೆಮಾಡಿಸಬೇಕಾದರೂ ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಮೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, L ವಲಯದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕೀಳಲು ಸಾಧ್ಯ. ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ (Z) ಯು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಕೇಂದ್ರದ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶ (Ze) ವು ಹೆಚ್ಚುವುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೂ ಒಳವಲಯಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೂ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಬಿಡಿ (free) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡಿಸುವುದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲ.

x–ಕಿರಣರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಒಳಗಡೆಯ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೂ ಇವುಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧವಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. x–ಕಿರಣದ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುವನ್ನು ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತೀವ್ರಶಕ್ತಿಯು, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ K ವಲಯದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಒಳಹೊಕ್ಕು ಕೀಳಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊರಬೀಳುವುದರಿಂದ ತೆರಪಾದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು L ವಲಯದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭರ್ತಿಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಪರಮಾಣುವು K ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ L ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಶಕ್ತಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ನಾವು K_α ರೇಖೆಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದರ ಸ್ಪಂದನಸಂಖ್ಯೆಯು ν_α ಆದರೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ

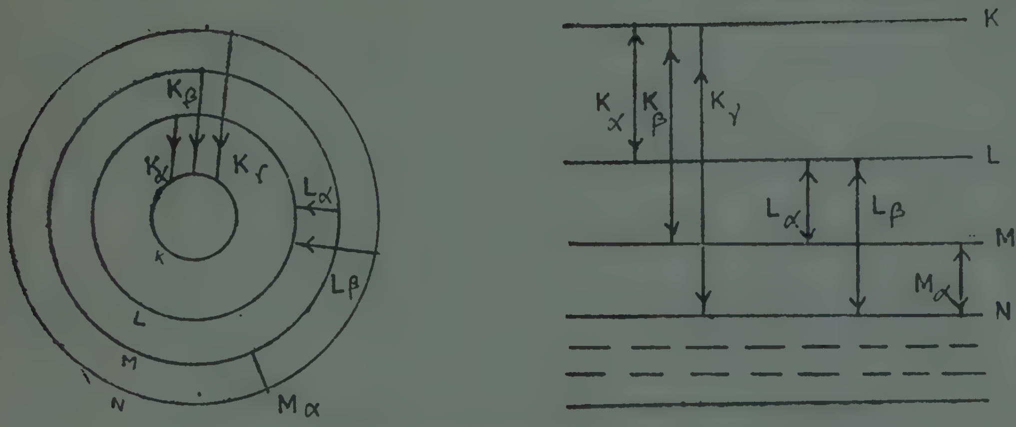
$$\nu_\alpha = \frac{W_K - W_L}{h}$$ [W_K ಮತ್ತು W_L ಗಳು ಪರಮಾಣುವು K ಮತ್ತು L ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುವಾಗ ಹೊಂದಿರುವ ಶಕ್ತಿಗಳು.] (5·23)

M ವಲಯದಿಂದ K ವಲಯಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬಿದ್ದರೆ, K_β ರೇಖೆಯು ಬರುತ್ತದೆ.

$$\nu_\beta = \frac{W_K - W_M}{h} \qquad (5.24)$$

L ವಲಯದ ಖಾಲಿ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಭರ್ತಿಮಾಡಲು, M, N,....ಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಬಿದ್ದರೆ, L ಶ್ರೇಣಿಯ ರೇಖೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ರಚನೆಗಳ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರಗಳು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವಲಯಗಳ

ನಡುವೆ ಆಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳೂ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿವೆ.



ಚಿತ್ರ 5·9 X–ಕಿರಣರೋಹಿತಗಳ ರಚನೆ

ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, n, l, j ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, L ನಲ್ಲಿ ಮೂರು, M ನಲ್ಲಿ 5, N ನಲ್ಲಿ 7 ಉಪಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, K_α, K_β....ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅಂಗ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳನ್ನು $K_{\alpha 1}$, $K_{\alpha 2}$.... ಗಳೆಂದು ಸೂಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

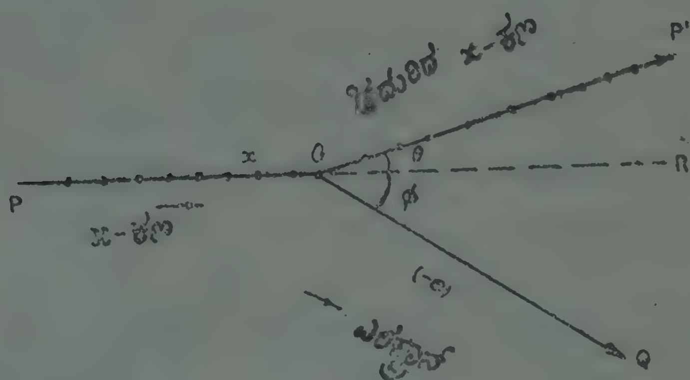
ಹೀಗಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೂ, x–ಕಿರಣಗಳ ರೋಹಿತಗಳ ರಚನೆಗೂ ಇರುವ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವದ ಸಮರ್ಥನೆಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.

5·10 ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

x–ಕಿರಣಗಳ ಒಂದು ಸಮೂಹ ಜಾಲವು (beam of x-rays) ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಹೊರಬೀಳುವ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿರುತ್ತವೆ. (1) ಒಂದು ಅಂಗದ ತರಂಗಾಂತರವು ಮೂಲ ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರದಷ್ಟೇ ಇದ್ದು, ಇದನ್ನು ಮಾರ್ಪಾಡು ಹೊಂದದಂಥ ಚದರಿದ ವಿಕಿರಣವೆಂದು (unmodified scattered radiation) ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು "ಸಂಸಕ್ತ ಚದರುವಿಕೆ"ಯೆಂದು (coherent scattering) ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. (2) ಚದರಿದ ವಿಕಿರಣದ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಗದಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರವು ಮೂಲ ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು "ಅಸಂಸಕ್ತ ಚದರುವಿಕೆ" (incoherent scattering) ಯೆಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು.

ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ಚದರುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಆಗುವುದಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಪ್ರಯೋಗ

ಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಅಸಂಸಕ್ತ ಚದರುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ತೊಡಕನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು 1922 ರಲ್ಲಿ ಕಾಂಪ್ಟನ್ (Compton) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟನು. ಅಂದರೆ x-ಕಿರಣಗಳೂ ಕೂಡ, ಬೆಳಕಿನಂತೆಯೇ ಎರಡು ಮುಖಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿವೆಯೆಂದು ನಂಬಲೇಬೇಕಾಯಿತು. ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, x-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಆ ವಸ್ತುವಿ ನೊಡನೆ ಸಂಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವಾಗ x-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯ ಕಣ (photon) ವೆಂದು ಗಣನೆಮಾಡಿ ಅದು ಧಾತುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬೇಕು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಮಾಣ (momentum) ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ (energy) ಗಳು ನಿತ್ಯತೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುವಂತೆ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 5·10 ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (x-ಕಣದ ಚದರುವಿಕೆ)

ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಮಾಡಿದ ಮುಖ್ಯಕಲ್ಪನೆಯ ರೇಖಾರೂಪವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5·10ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. 'x' ಎಂಬ x-ಕಣ $\overrightarrow{PO}$ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ ಯಾಗಿರುವ (stationary) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದೊಡನೆ ಸಂಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, x ಕಣವು $\overrightarrow{OP'}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (e) ಕಣವು $\overrightarrow{OQ}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ದಿಕ್‌ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

'x' ಕಣದ ಚದರುವಿಕೆಯ ಕೋನ (angle of scattering) $= P'OQ = \theta$

'e' ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವ ಕೋನ (angle of recoil) $= ROQ = \phi$

'x' ಕಣದ ಮೂಲ ಶಕ್ತಿ ($\overrightarrow{PO}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ) $= h\nu$

ಮೂಲ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ ($\overrightarrow{PO}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ) $= \dfrac{h\nu}{c}$

ಚದರಿದ ಮೇಲೆ, $\overrightarrow{OP'}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು $= h\nu'$ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ $= \frac{h\nu'}{c}$. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಮೊದಲು ಶಕ್ತಿ $= m_0c^2$ (ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ) (theory of relativity). ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿದ ಮೇಲೆ ಇದರ ಶಕ್ತಿ $\overrightarrow{OQ}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ $\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\nu^2/c^2}}$ ($\nu = \overrightarrow{OQ}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೇಗ)

ಮತ್ತು ಅದರ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ $= \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\nu^2/c^2}}$ ($\overrightarrow{OQ}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ).

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ X–ಕಣ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅವುಗಳನ್ನು ಸದಿಶರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗಣಿಸಿ ನಿತ್ಯತ್ವ (conservation)ದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಬರುವ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತಿರುತ್ತದೆ.

$$c\left\{\frac{1}{\nu'} - \frac{1}{\nu}\right\} = \frac{h}{m_0c}(1-\cos\theta) \qquad (5{\cdot}25)$$

ಮೂಲ ಕಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರವು λ ಆಗಿಯೂ, ಚದರಿದ ಕಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರವು λ' ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$\nu = \frac{c}{\lambda},\ \nu' = \frac{c}{\lambda'} \text{ ಆಗಿ,} \qquad (5{\cdot}26)$$

$$(\lambda'-\lambda) = d\lambda = \frac{h}{m_0c}(1-\cos\theta) \qquad (5{\cdot}27)$$

ಅಥವಾ
$$d\lambda = \frac{2h}{m_0c} \cdot \sin^2\frac{\theta}{2} \qquad (5{\cdot}28)$$

ಇದರಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಗಮನಾರ್ಹವಾದುವು.

(i) ತರಂಗಾಂತರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ($d\lambda$) ವು ಮೂಲತರಂಗಾಂತರದ ಮೌಲ್ಯ (λ) ವನ್ನಾಗಲಿ, ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನಾಗಲಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

(ii) $\theta = 0$ ಆದರೆ $d\lambda = 0$. ಇದು ಸಂಸಕ್ತ ಚದರುವಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. $\theta = 90°$ ಆದರೆ $d\lambda = \frac{h}{m_0c}$ = ನಿಯತಾಂಕ = ಕಾಂಪ್ಟನ್ ತರಂಗಾಂತರ (Compton wavelength)

$$= 0{\cdot}0242 \times 10^{-8} \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.}$$
$$= 0.024\ A^0 \qquad (5{\cdot}29)$$

ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ವಸ್ತುವನ್ನು ಚದರಿಸುವ ಪಧಾರ್ಥವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು. ಅವುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಭೂತವಾದ ತತ್ತ್ವದ ಮಹತ್ತ್ವಕ್ಕಾಗಿ, ಕಾಂಪ್ಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಲಭಿಸಿದುದು ನ್ಯಾಯವಾಗಿಯೇ ಇದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, X–ಕಿರಣಗಳ ಎರಡು ಮುಖಗಳ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೂ (ಅಲೆ ಮತ್ತು ಕಣ) ಅದೇ ವಿಧವಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಬೆಳಕಿಗೂ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣದ ಸ್ವರೂಪವು ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆಂದೂ ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

5.11 ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರೋಹಿತಗಳು

ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ರೂಪಿತವಾಗುವ ರೋಹಿತಗಳನ್ನು ಪರಮಾಣು ರೋಹಿತಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ನಮಗೆ ಈಗಾಗಲೇ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವಂತೆ, ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಹಲವಾರು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮತ್ತು ಭೌತ ವ್ಯಾಪಾರಗಳನ್ನು ಆ ಧಾತುವಿನ ಅಣು (molecule) ವನ್ನೇ ಪ್ರಧಾನ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಅಂಗವೆಂದು ತಿಳಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಸರಿಹೊಂದಿಸಬಹುದು. ಆದುದರಿಂದ, ಧಾತುವು ಅಣುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವಾಗ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವಂತೆ ಅಣುಗಳ ರೋಹಿತಗಳು ಅಥವಾ ರೇಖಾತಂಡಗಳ ರೋಹಿತಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ರೂಪರೇಖೆಗಳ ಸ್ಥೂಲವಿಮರ್ಶೆಯನ್ನು ಈಗ ಮಾಡಬಹುದು.

ರೇಖಾತಂಡಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ತಂಡವೂ ಅತಿಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವ ಹಲವಾರು ರೇಖೆಗಳ ಸಮೂಹವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮೊನಚಾದ ಕೊನೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಂಡದ ಶಿರ (band-head) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಅಣುಗಳ ಚಲನವಲನಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರೋಹಿತಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಸ್ವರೂಪದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಅವಧಿಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು :

(1) **ಭ್ರಮಣ ತಂಡಗಳು** (Rotation bands)

ಇವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಉಚ್ಚ ಮತ್ತು ಕನಿಷ್ಠ ಮಿತಿಗಳು ಅತಿರಕ್ತ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಬಹಳ ದೂರದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (far infra-red) ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಅವಧಿಗಳ

ಮಿತಿಗಳು $150\mu - 30\mu$. [$\mu = 10^{-4}$ ಸೆಂ. ಮೀ.]. ಈ ತರಹದ ರೋಹಿತಗಳು HCl, HBr ಮತ್ತು HI ಗಳ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವರ್ಣಪಟಲಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ನೀರು ಮತ್ತು ಅಮೋನಿಯ (H_2O, NH_3) ಗಳ ರೋಹಿತಗಳು ಕೂಡ ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಈ ಗುಂಪುರೇಖೆಗಳ ನಡುವಣ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಅಂತರವು ನಿಯತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ತರಂಗಸಂಖ್ಯೆ ($\bar{\nu}$)ಯು ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ:

$$\bar{\nu} = am - bm^3$$

(m = 4, 6, 7 ...) a ಮತ್ತು b ನಿಯತಾಂಕಗಳು

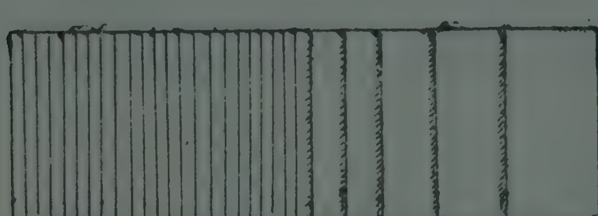
(2) **ಭ್ರಮಣ-ಕಂಪನ ತಂಡಗಳು** (Rotation-vibration bands)

ಈ ತಂಡಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಶಾಖೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಅವಧಿಗಳು ಸುಮಾರು ($5_\mu - 1_\mu$). ಇದು ಅತಿರಕ್ತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ (near infra-red). CO_2 ಇಂಥ ತಂಡಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುತ್ತದೆ.

(3) **ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ತಂಡಗಳು** (Electronic bands)

ಇದರಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ತಂಡಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ತಂಡಕ್ಕೂ ಒಂದು ಮೊನಚಾದ ಶಿರವು ಇದ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಕಡಮೆ ತರಂಗದೂರದ ಕಡೆಗೆ ಲಯಿಸಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ (fade). ಸಯನಜೆನ್ (CN) ರೋಹಿತಗಳು ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ದೃಶ್ಯವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿಯೂ, ಅತಿನೀಲದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಅವಧಿಯು 7000 A°—1000 A° (1 A° = 10^{-8} ಸೆಂ. ಮೀ.). ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\bar{\nu} = A + Bm + Cm^2. \quad (m = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (5\cdot31)$$



ಚಿತ್ರ 5·11 ಅಣುಗಳ ರೋಹಿತ ರೇಖಾಶಂಡಗಳು
(Molecular spectra)

ಈ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರೋಹಿತಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಮಾಣು ರೋಹಿತಗಳಿಗಿಂತ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಕ್ಕೆ ಅವುಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರೀತಿಯೇ ಕಾರಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಣಮಾಡಲು ಭೋರ್ ನಿಯಮಗಳು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಎರಡೇ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಅಣು (diatomic molecule) ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ (ಉದಾ: HCl,

CN...) ಅದರ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಮಾಣು ಯುಗ್ಮವನ್ನು ಒಂದು ಏಕಮಾನವನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದು, ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಕೇಂದ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಬಿಡಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕೂಡ ತಮ್ಮನ್ನು ಬಂಧಿಸುವ ಸೇರದಲ್ಲಿಯೇ, ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಪನ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ w_1 ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ಮೂರು ಅಂಗಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬೇಕು.

$W_1 = E_r + E_v + E_e$ (E_r = ಭ್ರಮಣಶಕ್ತಿ ; E_v = ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ; E_e = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ) (5.32)

ಈ ಸಂಯುಕ್ತ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯು w_1 ಇಂದ w_2 ಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರೋಹಿತದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆದರೆ ಭೋರ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ

$$h\nu = w_1 - w_2$$

$$\nu = \frac{w_1 - w_2}{h} \tag{5·33}$$

$$= \frac{(E_{r1} + E_{v1} + E_{e1}) - (E_{r2} + E_{v2} + E_{e2})}{h}$$

$$= \frac{(E_{r1} - E_{r2})}{h} + \frac{E_{v1} - E_{v2}}{h} + \frac{E_{e1} - E_{e2}}{h}$$

$$\nu = \nu_r + \nu_v + \nu_e \tag{5·34}$$

ಇದರಲ್ಲಿ ν_r ಶುದ್ಧ ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು, ν_v = ಶುದ್ಧ ಕಂಪನಕ್ಕೂ ν_e = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದೂ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದ ಮೂರು ಗುಂಪುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ.

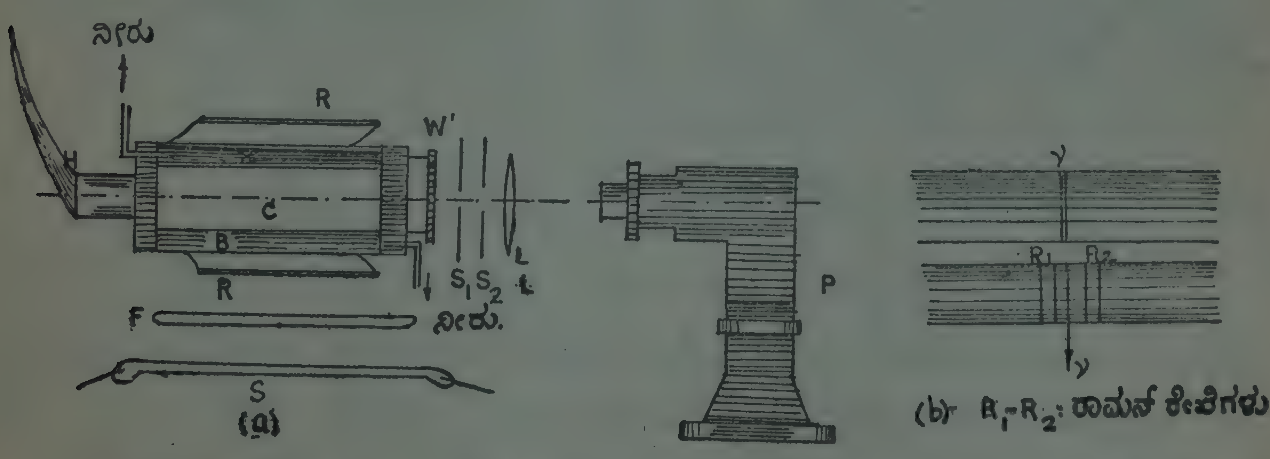
ಅಣುಗಳ ರೋಹಿತಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಜ್ಞಾನವು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಶಾಖೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಣುಗಳ ಅಂತರ್ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ.

5.12 ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ಅಣುಗಳ ರೋಹಿತದ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮಹತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪಾತ್ರವು ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದವರು ನಮ್ಮ ಭಾರತದೇಶದವರಾದ ಜಗದ್ವಿಖ್ಯಾತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಡಾ|| ಸಿ. ವಿ. ರಾಮನ್. 1928 ರಲ್ಲಿ ಇವರು ಪ್ರಕಟಿಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದರಿಂದ ಈ ಮೇಧಾವಿಗೆ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಲಭಿಸಿ ಪ್ರಪಂಚದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಭೂಪಟದಲ್ಲಿ ಭಾರತಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸ್ಥಾನವು ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯವನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, x-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೂ, ದೃಶ್ಯರೋಹಿತಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೂ ಸಾಮ್ಯವಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅಸಂಸಕ್ತ ಚದರುವಿಕೆಗೆ ಈ ಎರಡು ಸಂಭವಗಳೂ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟವೆ. ರಾಮನ್ ಅವರಿಗೆ ಮೊದಲಿನಿಂದಲೂ, ಸಮುದ್ರದ ನೀಲಿಗೂ, ಆಕಾಶದ ನೀಲಿಗೂ (blue of the sea and blue of the sky) ಮೂಲಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕೆಂಬ ಹಂಬಲ. ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಅವರಿಗೆ ಸಿದ್ಧಿ ಲಭಿಸಿತು.

ಪ್ರಯೋಗವಾದರೂ ಅತಿ ಸರಳವಾದುದು. ಬೆಳಕಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗದೂರದ ವಿಕಿರಣವನ್ನು (monochromatic radiation) ಒಂದು ದ್ರವರೂಪದ ಪದಾರ್ಥದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಆ ದ್ರವದಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಣೆ ಮಾಡಿ, ಈ ಚದರಿದ ವಿಕಿರಣದ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಧ್ಯೇಯ. ರಾಮನ್ ಅವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಸರಳ ಉಪಕರಣದ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ [5.12 (*a*) & (*b*)] ಕಾಣಬಹುದು.



(*a*) ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಉಪಕರಣಗಳು (*b*) ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳು

ಚಿತ್ರ 5·12

ಚಿತ್ರ (*a*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ C ಎಂಬುದು ಸುಮಾರು 15 ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದ ಮತ್ತು 2 ಸೆಂ. ಮೀ. ವ್ಯಾಸದ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆ. ಇದರಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ದ್ರವವು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಬೆನ್‌ಜೀನ್ (benzene), ಟೊಲೀನ್ (toluene), ಕಾರ್ಬನ್ ಟೆಟ್ರಕ್ಲೋರೈಡ್ (CCl_4) ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ದ್ರವ ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿರಬಹುದು. ಈ ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿ (B) ತಣ್ಣೀರಿನ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಶಾಖವನ್ನು ತೆಗೆಯಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. S ಎಂಬುದು ಬೆಳಕನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುವ ಮೂಲದೀಪ. ಇದು ಪಾದರಸದ ಆರ್ಕ್‌ದೀಪವಾಗಿರಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕು F ಎಂಬ ಒಂದು ತರಂಗಶೋಧಕ (filter) ದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ರಾಮನ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇದು $\lambda = 4358$ A° ಆಗಿದ್ದಿತು. ಈ ತರಂಗಾಂತರ ಬೆಳಕು C ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಈ ಮೂಲದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುವ ಬೆಳಕು W ಎಂಬ ಸಮತಲದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹೊರಬಿದ್ದು S_1, S_2 ಸೂಚೀರಂಧ್ರ ಗಳ ಮೂಲಕ ಸೀಮಿತವಾಗಿ ಕೊನೆಗೆ P ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ರೋಹಿತಲೇಖಕ (spectrograph) ದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. H ಎಂದು ಎಡಗಡೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಲಂಬನ ಭಾಗವು ಮಸಿಯ ಲೇಪನದಿಂದ ಹೊರಗಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೆ ಯಾವ ವಿಧವಾದ ಬೆಳಕನ್ನೂ ಒಳಗೆ ಹೋಗದಂತೆ ನಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ. R ಎಂಬುದು ಪ್ರತಿ ಫಲಕ (reflector) ವಾಗಿದ್ದು ಬೆಳಕನ್ನು ಒಳಗಿನ ದ್ರವದ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸು ವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಹಲವಾರು ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ, ಸೂಕ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ದ್ರವಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ ಘನರೂಪದ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ, ಅನಿಲರೂಪದ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಸರಿಹೋಗುವಂತೆ ಅಳ ವಡಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಗಳಿಂದ, ಮೊತ್ತಮೊದಲು ಹತ್ತಾರು ಘಂಟೆಗಳ ಕಾಲ ಸಾಗಬೇಕಾಗಿದ್ದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೆಲವೇ ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ ಮುಗಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದು ಪ್ರಯೋಗದ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡುವುದರ ಕೌಶಲ್ಯವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು

ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ವಿಕಿರಣದ ರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರವು λ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಚದರಿದ ವಿಕಿರಣದ ರೇಖೆಯು ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಕಾಣುವುದರಲ್ಲಿ ಮೂಲರೇಖೆಯೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಪಾರ್ಶ್ವಕ (symmetrically) ವಾಗಿ ವಿವಿಧ ಪ್ರಭೆಗಳನ್ನುಳ್ಳ (different intensities) ಕೆಲವು ಹೊಸರೇಖೆಗಳು ಇವೆ. ಚಿತ್ರ (*b*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿ

ಸಿರುವಂತೆ R_0 ಎಂಬುದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಮೂಲರೇಖೆ. ಇದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ R_1,R_2 ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವುದು ಹೊಸರೇಖೆಗಳು. ಇವುಗಳಿಗೆ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳೆಂದು (Raman lines) ಹೆಸರು. ಇವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು $(\lambda + d\lambda)$ ಮತ್ತು $(\lambda - d\lambda)$ ಆಗಿದ್ದರೆ, $d\lambda$ ಎಂಬುದನ್ನು ರಾಮನ್ ಪಲ್ಲಟ (Raman shift) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ:

1. $d\lambda$ ಎಂದು ಕಾಣುವ ರಾಮನ್ ಪಲ್ಲಟವು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದುದು. $R_1(\lambda + d\lambda)$ ರೇಖೆಯು ಸ್ಟೋಕ್ ರೇಖೆ (stoke line) ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದ ರೇಖೆ. ಇದರ ತತ್ತ್ವವು ಸ್ಟೋಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ R_2 ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ $(\lambda - d\lambda)$ ತರಂಗದೂರದ ವಾಸ್ತವತೆಯು ಮೊತ್ತ ಮೊದಲು ರಾಮನ್ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಆ್ಯಂಟಿಸ್ಟೋಕ್ ರೇಖೆ (anti-stoke line) ಯೆಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಯಿತು. ಇದರ ಕಾರಣವನ್ನು ಮುಂದೆ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವುದು.

2. ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ತರಂಗಾಂತರದ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೂ ಚದರಿಸುವ ಪದಾರ್ಥದ ಅಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಶಿಷ್ಟ ಅತಿ ರಕ್ತ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (characteristic infra-red frequency of the molecule of the scattering substance) ಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ.

   ಇದು ಮಹತ್ತ್ವದ ಸಂಶೋಧನೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ನೂರಾರು ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಈ ಸೂತ್ರವು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ವಸ್ತುವು ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಿತಿ (ಘನ, ಹರಳು, ಚೂರ್ಣ, ದ್ರವ, ಅನಿಲ....) ಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಯಾವುದೇ ಭೌತ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ, ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಹೊಸ ಮಾರ್ಗವು ಕಲ್ಪಿತವಾಯಿತು.

3. ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳ ಬೆಳಕು ಧ್ರುವೀಕೃತ ರೂಪದಲ್ಲಿ (polarised) ಇರುತ್ತವೆ.

ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ತತ್ತ್ವ

ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಮೂಲ ವಿಕಿರಣದ ರೇಖೆಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ

ಸಹಜವಾದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗ್ರಹಣ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೆ (characteristic absorption frequency) ಸಮನಾಗಿರುವುದೇ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಶೋಧನೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸ್ಥೂಲರೂಪವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ.

ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν_0 ಆದರೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಶಕ್ತಿಕಣ (photon) ದ ಶಕ್ತಿಯು $h\nu_0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳೊಡನೆ ಸಂಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದಿದರೆ, ಮೂರು ಪರಿಣಾಮಗಳು ಸಾಧ್ಯ.

(i) ಅಣುವು ಶಕ್ತಿಕಣದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡದೆ ಅದನ್ನು ಮಾರ್ಗಪಲ್ಲಟ (deviate) ಮಾಡಿಸಬಹುದು. ಇದು ಮಾರ್ಪಾಡಾಗದ

R_0 ರೇಖೆ $\left(\text{ತರಂಗಾಂತರ } \lambda = \dfrac{c}{\nu_0}\right)$

$h\nu_0 = h\nu' ; \quad \nu_0 = \nu'$

(ii) ಅಣುವು ಮೂಲಕಣದದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡನಂತರ, ಮೂಲಶಕ್ತಿಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಕುಗ್ಗಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ R_1 ಅಥವಾ ಸ್ಟೋಕ್ ರೇಖೆಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν' ಆದರೆ

$\nu' < \nu_0$ ಆದ್ದರಿಂದ $\lambda' > \lambda$, i, e, $\lambda' = \lambda + d\lambda$ ಆಗುತ್ತದೆ. (5·35)

$(h\nu_0 - h\nu') = (w_2 - w_1) = h\nu_m. \quad \therefore (\nu_0 - \nu') = \nu_m.$

(iii) ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಶಕ್ತಿಕಣಕ್ಕೆ ಅಣುವಿನಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯು ದೊರಕಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಅಣುವು ಮೊದಲೇ ಉತ್ತೇಜನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು (excited state) ತನ್ನ ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹಿಂದಿರುಗು ವಾಗ ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣವಾಗಬಹುದು. ಈ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶಕ್ತಿಕಣವು ಹೊಂದಿದರೆ, ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯೂ (ν'') ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. $\nu'' > \nu_0$. $\lambda'' < \lambda$. $\lambda'' = \lambda - d\lambda$. ಇದೇ ಪ್ರತಿ ಸ್ಟೋಕ್ (anti-stoke) ಆಗಿ R_2 ಎಂದು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳೂ ಕೂಡ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮ ಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರಬೇಕಾದುದರಿಂದ, w_1 = ಚದರಿಸುವ ಅಣುವಿನ ಮೊದಲಿನ ಶಕ್ತಿ. w_2 = ಅದರ ಅಂತಿಮಶಕ್ತಿ: ಘರ್ಷಣದನಂತರ: $(h\nu'' - h\nu_0) = (w_1 - w_2) = h\nu m$

$\therefore (\nu'' - \nu_0) = \nu_m.$ (5.36)

ಆದ್ದರಿಂದ, (ii) ಮತ್ತು (iii) ಗಳಿಂದ $(\nu_0 - \nu') = (\nu'' - \nu_0) = \nu_m$ ಆಗಿರಬೇಕು. (5·37)

ಅಂದರೆ, ν_m ಎಂಬುದು ಅಣುವಿನ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಸಹಜವಾದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು.

ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳು ಹಲವಾರು ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಹೀಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅಣುವಿನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಹಲವಾರು ಇರಬೇಕೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುವು ಅಣುವಿನ ರೋಹಿತಗಳ ಭ್ರಮಣರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಘನರೂಪದ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಗಳ ಜಾಲ (crystal lattice) ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಂಪನಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಅಣುಗಳ ರಚನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲೂ ಅಣುಗಳ ರೋಹಿತ ತಂಡಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಲ್ಲೂ ರಾಮನ್ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಪಾತ್ರವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದುದು. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಇನ್ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತುದು ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಮಹತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಘಟ್ಟವನ್ನು ತಲಪಲು ರಾಮನ್ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಸಹಾಯಮಾಡಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದಾಗಿದೆ. ಎಂಭತ್ತು ವರ್ಷಗಳನ್ನು ದಾಟಿದ ಮುಪ್ಪಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಈ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅತ್ಯುತ್ಸಾಹದಿಂದ ನೇತ್ರದೃಷ್ಟಿ (physiology of vision) ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಈಗಲೂ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿರುವುದು ನಮಗೆ ಬಹಳ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ವಿಷಯ.

ಅಧ್ಯಾಯ 6

ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ಕಾಂತಶಕ್ತಿ

6.1 ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತತ್ವ

ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ವಿವಿಧ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿವೆಯೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೂ ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಬಲಕ್ಕೂ ನಿಕಟಸಂಬಂಧವಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಟ್ಟು ಕಾಂತಬಲದ ರೇಖೆಗಳು (magnetic lines of force) ರೂಪಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ನಮ್ಮ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ದೀರ್ಘವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಲೇಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಎಲ್ಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇದ್ದೇ ಇರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ಇರಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯ ಮತ್ತು ಸ್ವತಃ ಸಿದ್ಧವಾದುದು. ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನೂ ಒಂದೊಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತವೆಂದು ಎಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಕಾಂತದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

6·2 ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತತ್ವದ ಭ್ರಾಮಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ – ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್

ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ e ಆಗಿದ್ದು ಅದು ತನ್ನ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ, ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತತ್ವದ ಮೊಮೆಂಟ್ (magnetic moment) μ_1 ಆಗಿರಲಿ. ಕೋನಮಾಪಿತ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣವು (angular momentum) p_1 ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\mu_1 = \frac{e}{2mc} p_1 \qquad (6\cdot1)$$

ಆದರೆ, ಪಥದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ (orbital quantum number) ಯು l ಆಗಿದ್ದರೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ

$$p_l = \frac{lh}{2\pi} \tag{6·2}$$

$$\therefore \quad \mu_l = \frac{eh}{4\pi mc} . l \tag{6·3}$$

l = 0, 1, 2....ಆಗಿರಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ l = 1 ಆದರೆ, μ_l ಗೆ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, ಇದು $\mu_l = \frac{eh}{4\pi mc} \cdot 1$ (6·4)

ಇದನ್ನೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಏಕಮಾನವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು 1 ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ (Bohr magneton) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದರ ನಿಗದಿಯಾದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$\mu_l = \frac{4·8 \times 10^{-10} \times 6.6 \times 10^{-27}}{4 \cdot \pi . 9 \cdot 10^{-28}, 3 . 10^{10}} = 9·21 \times 10^{-21} \frac{\text{ಎರ್ಗ್}}{\text{ಆರ್‌ಸ್ಟೆಡ್}} \tag{6·5}$$

1 ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ $= 9·21 \times 10^{-21}$. (ಎರ್ಗ್ / ಆರ್‌ಸ್ಟೆಡ್). (erg-oersted^{-1})

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಭ್ರಮಣ ಕಾಂತತ್ವ ಮೊಮೆಂಟು (spin magnetic moment) ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

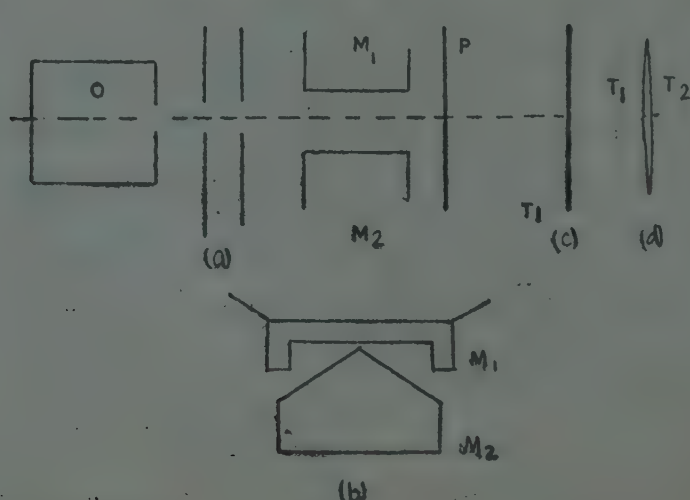
ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಪಥದ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದ ಕಾಂತತ್ವದ ಮೊಮೆಂಟುಗಳೆರಡನ್ನೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನೇ ಒಂದು ಮೂಲ ಧಾತು ಕಾಂತ (elementary magnet) ವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಮಾಣು ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೊರಗಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಆ ಬಲದ ಪ್ರಭಾವವು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಆ ಬಾಹ್ಯಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏಕರೂಪತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೋ ಅಥವಾ ಏಕರೂಪತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿಲ್ಲವೇ (homogeneous or inhomogeneous) ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಏಕರೂಪದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಕಾಂತವು ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಕಾಂತದ ಅಕ್ಷವು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆ ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಇದು ದಿಕ್‌ಪಲ್ಲಟವೇ ಹೊರತು, ಸ್ಥಾನಾಂತರ (translational) ಪಲ್ಲಟವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವು ಅಸಮರೂಪವಾಗಿದ್ದು ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ತೀವ್ರ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು

ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಪರಮಾಣು ಕಾಂತಕ್ಕೆ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟದ ಜೊತೆಗೆ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಅದು ತನ್ನ ಮೊದಲಿನ ನೇರದಿಂದ ಬಾಗುತ್ತದೆ (deviated). ಇದರ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಬಹಳ ಮೂಲಭೂತವಾದ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ, ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ್ದಾರೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗರ್ಲಾಕ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟರ್ನ್ (Gerlach and Stern) ಗಳ ಪ್ರಯೋಗವು ಹೊಂದಿದೆ.

6·3 ಸ್ಟರ್ನ್-ಗರ್ಲಾಕ್ ಪ್ರಯೋಗ

ಈ ಪ್ರಯೋಗವು 1921 ರಲ್ಲಿ ನಡೆಯಿತು. ಅವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (6·1) (*a*) ದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು.

O ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗೂಡು ಒಲೆ (oven). ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಪದಾರ್ಥ A ವನ್ನು ಇದರಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಈ ಒಲೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣಗಳ ತಾಪಗಳನ್ನು ತಡೆಯಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿಡುವ ವಸ್ತುವಿನ ತಾಪವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಜ್ವಾಲೆಯಿಂದ ಹಬೆಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಿ ಆ ಮೂಲಧಾತುವಿನ (atom) ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಣ್ಣ ಕಿರಣಗಳ (atomic rays) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅದರ ತಾಪಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಶಾಖ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದಿಂದ ಈ ವೇಗವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು. ಒಲೆಯಿಂದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಈ ಕಿರಣಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಸೂಚೀ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು (slits $S_1 - S_2$) ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದುಮೇಲೆ ಆ ಕಿರಣಗಳು $M_1 - M_2$ ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಬಲವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ (powerful electromagnet) ದ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 6·1 (*b*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ $M_1 - M_2$



ಚಿತ್ರ 6·1 ಸ್ಟರ್-ಗರ್ಲಾಕ್ ಉಪಕರಣ

ಧ್ರುವಗಳು ತಟ್ಟೆಯಾಗಿಯೂ, ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಇರದೆ, ಒಂದು (M_1) ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ತೋಡಿರುವ (groove) ಚಪ್ಪಟೆ ತಟ್ಟೆಯಂತೆಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು (M_2) ಚೂರಿಯ ಏಣಿನಂತೆ ಚೂಪಾಗಿರುವ ಕೊನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಧ್ರುವಗಳು ಈ ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಕಾರದಿಂದ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಅಸಮರೂಪತ್ವವನ್ನು (high degree of inhomogeneity) ಹೊಂದಿ, ಚೂಪಾಗಿರುವ ಏಣಿನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವರೇಖೆಗಳು (magnetic lines of force) ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಗುಂಪುಕಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ದಿಕ್ಕು ಪರಮಾಣು ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವು (beam) ಮುಂದುವರಿದು ಅವುಗಳ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ P ಎಂಬ ವಿಶೇಷ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ತಟ್ಟೆಯ ರಚನೆಯು ಹಲವು ಬಗೆಗಳಾಗಿದ್ದು, ಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣ ವಸ್ತುವಿದ್ದಿತು (fluorescent). ಅದರಿಂದ ಕಿರಣಗಳು ಅಧಿಪತಿತವಾಗುವ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಗುರುತುಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಆ ಗುರುತಿನ ಆಕಾರಗಳಿಂದ ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಬಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಸ್ಟರ್ನ್ ಮಾಡಿದ ಮೊದಲ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ವಸ್ತುವು ಬೆಳ್ಳಿಯದು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ P ಯ ಮೇಲೆ ಕಾಣುವ ರೇಖೆಯು ಒಂದೇ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ [ಚಿತ್ರ 6·1 (*c*)]. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಈ ರೇಖೆಯು ಎರಡು ಕವಲುಗಳಾಗಿ ಒಡೆದು ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 6·1 (*d*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಅತಿ ಸರಳವಾಗಿ ಕಂಡರೂ, ಅದರ ಉಪಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಲು ಅಸಾಧಾರಣ ಕೌಶಲ್ಯವು ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು ಅರಿವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಅಂಗಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳು (M_1-M_2) ಸುಮಾರು 5 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದ. ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ 1 ಮಿ.ಮೀ. P ತಟ್ಟೆಯು 3 ಮಿ.ಮೀ. ಚದರ ಮತ್ತು ಒಲೆಯ ಗಾತ್ರ ಕೇವಲ 2 ಸೆಂ.ಮೀ. ಇಡೀ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರನಿಲ (evacuated enclosure) ಆವರಣದಲ್ಲಿಡಲಾಗಿದ್ದಿತು.

ಇದೇ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಸೂಕ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಹಲವಾರು ಪ್ರಮುಖ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹತ್ತಾರು ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅಂಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಲಿಖಿತವಾದ ಗುರುತುಗಳ ಮೂಲಕ ಪರಿಶೀಲನೆ ನಡೆಸಿದರು. ಮೈಸ್‌ನರ್, ಶೆಫರ್ಸ್, ಟೇಯ್ಲರ್ (Meissner, Scheffers, Taylor) ಮುಂತಾದವರು ಈ ಮೂಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನು ಮಾಡಿದರು. ಇವುಗಳ ವಿಮರ್ಶೆಯನ್ನು ಈಗ ಮಾಡೋಣ.

6·4 ಸದಿಶಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆ

ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ, ಫಿಪ್ಸ್ (Phipps) ಮತ್ತು ಟೆಯ್ಲರ್ (Taylor) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತದ ಮೊಮೆಂಟನ್ನು 1 ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ μ (ಕಾಂತತ್ವದ ಮೊಮೆಂಟು) ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವು ಹೀಗಿದ್ದಿತು :

$$d_x = \frac{1}{2}\,\frac{\mu}{m}\,\frac{dH}{dx}\left(\frac{1}{v}\right)^2 \qquad (6\cdot6)$$

ಇದರಲ್ಲಿ, ರೇಖೆಗಳ ಗುರುತುಗಳಿಂದ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆಯಲಾದ ಕಿರಣಗಳ ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಬಾಗುವಿಕೆಯು d_x ಆಗಿದ್ದಿತು. ಪರಮಾಣು ಕಾಂತದ ಜಡಾಂಶ $= m$. ಕಾಂತದ ಮೊಮೆಂಟ್ $= \mu$. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ಅಸಮರೂಪತ್ವದ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ $= \dfrac{dH}{d_x}$ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳು ಹಾರುವ ದೂರದ ಅಂತರ $= l$. ಅವುಗಳ ವೇಗ $= v$.

μ ಒಂದನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಅಂಗಗಳನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿಯೂ ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, 'μ' ದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವಿವಿಧ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಹೀಗಿದ್ದುವು :

(i) Cu, Au, H, Li, Na, K : ಗುರುತುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕವಲುಗಳಿದ್ದುವು. ಇವುಗಳಿಂದ $\mu = \pm 1$ ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

ಈ ಧಾತುಗಳೆಲ್ಲ ಆವರ್ತಕೋಷ್ಟಕದ ಮೊದಲನೆಯ ಉದ್ದ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿದ್ದು, ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹೊರ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಯೋಗ ಶಕ್ತ (valency) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮಾತ್ರ ಇದೆ. ತ್ರಿಪರಿಮಾಣದ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ J ಎಂಬುದು ಮೊತ್ತ ಕೋನಮಾಪಿತ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದರೆ (total angular momentum quantum number), ಇದರ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಸಂಖ್ಯೆ $=(2J+1)$. ಇಲ್ಲಿ $L=0$; $S=\frac{1}{2}$ ಆದ್ದರಿಂದ $J=\frac{1}{2}$. $(2J+1)=2$. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಗುರುತು

ಗಳು ಕಾಣಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆಯಾದಂತಾಯಿತು.

(ii) Zn, Cd, Hg, Pb, Sn: ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವು ಏನೂ ಇಲ್ಲ.

ಇದೂ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವೇ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಇವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ತಮ್ಮ ಹೊರ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು S ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ $J=0$ ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಕಾಂತತ್ವದ ಮೊಮೆಂಟ್ ಇರುವಹಾಗಿಲ್ಲ.

(iii) Ni, Fe, Co: ನಿಕ್ಕಲ್‌ನಲ್ಲಿ ಮೂರು ಗುರುತುಗಳ ರೇಖೆಗಳು (traces) ಕಂಡುಬಂದುವು. ಇವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಕೆಲವು ರೇಖೆಗಳಿಂದ, ಕೆಲವು ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಾಂತದ ಮೊಮೆಂಟು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಕೋಬಾಲ್ಟ್‌ಗೆ $\mu=6$ ಮಾನಗಳೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಈ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯಭಾಗದ ಕೆಲವು ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಉಪವಲಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣು ಕಾಂತದ ಮೊಮೆಂಟ್ ಹೆಚ್ಚಾಗಲು ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುತ್ತದೆ.

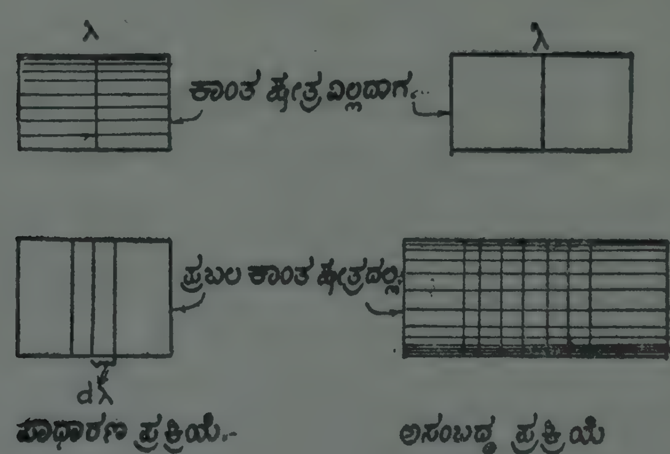
ಸ್ಟರ್ನ್ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಧಾತುವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಎರಡು ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬರುವುದರಿಂದ $(2J+1)=2$ ಆಗಿ, $J=\frac{1}{2}$, $L=0$ ಆದ್ದರಿಂದ $S=J-L=\frac{1}{2}$ ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗಿರುವ ಭ್ರಮಣ ಚಲನವೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತದ ಮೊಮೆಂಟಿಗೆ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಗೆ ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

6.5 ಜೀಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಲೂ ದೃಢವಾದ ಆಧಾರವು ದೊರಕಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಜೀಮನ್ (Zeeman) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದು. 1896 ರಲ್ಲಿ ಜೀಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಹಬೆಯ ದೀಪದಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿದರೆ, ಅದರ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಬದಲಾವಣೆ

ಗಳು ಆಗುತ್ತವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಒಂದೇ ಒಂದು ರೋಹಿತರೇಖೆಯು ಕಂಡುಬಂದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದಲ್ಲಿ ಅದು ಮೂರು ರೇಖೆಗಳಾಗಿ (triplet) ಭಿನ್ನಹೊಂದುತ್ತದೆ (split). ಈ ಬಿರಿತವು ಸೋಡಿಯಂನ ಎರಡು ರೇಖೆಗಳಿಗೂ (D_1, D_2) ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವರ್ತನೆಯು ಹಲವಾರು ಧಾತುಗಳ ರೋಹಿತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ (classical) ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಲಾರೆಂಟ್ಜ್ (Lorentz) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಸಫಲನಾದನು. ಹೊಸ ರೇಖೆಗಳ ಪಲ್ಲಟವು (Zeeman shift) ಅವನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದಲೂ, ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದುವು. ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಧಾರಣ ಜೀಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ (normal Zeeman effect) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 6·2 (*a*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ತರಂಗಾಂತರದ ಪಲ್ಲಟವು $d\lambda$ ಆದರೆ, $d\lambda = \pm \dfrac{He\lambda^2}{+\pi mc}$ (h = ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲ; m = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಡಾಂಶ; e = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುದಂಶ; c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ) (6.7)

ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ದುರ್ಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (weak magnetic field) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಿದರೆ, ರೇಖೆಗಳ ಬಿರಿತಗಳು ಹಲವು ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ (multiplet structure). ಚಿತ್ರ 6·2 (*b*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಸೋಡಿಯಂನ ಒಂದೊಂದು ರೋಹಿತರೇಖೆಯೂ 4, 6... ರೇಖೆಗಳಾಗಿ ಬಿರಿಯು



(*a*) (*b*)

ಚಿತ್ರ 6.2 ಜೀಮಾನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಅಸಂಬದ್ಧ (anomalous) ವರ್ತನೆಯೆಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಕಾರಣವು ದೊರಕಬೇಕಾದರೆ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗದೆ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ತನಕ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. ಈ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಮಗ್ನನಾಗಿದ್ದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಪೌಲಿ (Pauli) ಯು ಕೂಡ ಸರಿಯಾದ ಕಾರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗದೆ ಬಹಳ ವ್ಯಥೆಪಡುತ್ತಿದ್ದನು.

ಗೌಷ್ಮಿಟ್ (Gouschmidt) ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಭ್ರಮಣ (spin) ವಿದೆಯೆಂದು ಗೊತ್ತಾದಮೇಲೆ, ಅಸಂಬದ್ಧ (anomalous) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಈ ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಪರಿಹಾರವಾಯಿತು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, J ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹಲವಾರು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದೊಂದು ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೂ ಒಂದೊಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟ ಅಥವಾ ಸ್ಥಿತಿಯು (energy level) ಏರ್ಪಟ್ಟಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಸ್ಥಾಯೀಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅಂಗರೇಖೆಗಳು ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ಅಸಂಬದ್ಧ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಹಲವು ರೇಖೆಗಳಿಗೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ತರಂಗ ಚಲನ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿಯ (wave-mechanical atomic model) ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಂದಲೂ, ಜೀಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಹಲವಾರು ತೊಡಕು ಸಮಸ್ಯೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪರಿಹಾರವಾದುವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತತೆಯ ವಾಸ್ತವ್ಯದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಕೂಡ ಸದಿಶ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿಯ ಮುಖ್ಯ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಗೆ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯಾಯಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

6.6 ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯ ಪರಮಾಣು ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ಅದರ ಕ್ವಾಂಟಂ ಲಕ್ಷಣಗಳು

ಈ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ, ಜಡ ವಸ್ತು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯುವಾಗುವ ಪರಮಾಣುತ್ವವು (atomicity) ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುವುದೆಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ವೀಬರ್ (Weber) ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಮೂರು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು.

(*a*) **ಅನುಕಾಂತತೆಯನ್ನು** ಹೊಂದಿರುವ (para-magnetic) ವಸ್ತುಗಳು — H, Li, Cu, ... ಇತ್ಯಾದಿ. ಇವುಗಳಿಗೆ ನಿಖರವಾದ ಅಣ್ವಿಕ ಕಾಂತತ್ವದ ಮೊಮೆಂಟ್ (molecular magnetic moment) ಇರುತ್ತದೆ.

(*b*) **ಅಡ್ಡ ಕಾಂತತೆಯನ್ನು** ಹೊಂದಿರುವ (dia-magnetic) ವಸ್ತುಗಳು — Zn, Cd, Pb... ಇತ್ಯಾದಿ. ಇವುಗಳಿಗೆ ವೈಯಕ್ತಿಕವಾದ ಕಾಂತತೆಯ ಮೊಮೆಂಟು ಇಲ್ಲವೆಂದು ಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು.

(*c*) Fe, Co, Ni ಗಳು ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಗುಂಪಿಗೆ, ಅಂದರೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ (ferro-magnetics) ವಸ್ತುಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ, ಸೇರಿದುವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾ

ಗಿದ್ದಿತು. ಇವುಗಳ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಕಾಂತತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮೌಲ್ಯದ್ದೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು.

1911 ರಲ್ಲಿ ವೈಸ್ (Weiss) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಒಂದು ಅವಿಭಾಜ್ಯವಾದ ಮೊಮೆಂಟ್‌ನ ಮಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಇದನ್ನು (Weiss Magneton) ವೈಸ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು $1\cdot85\times10^{-21}$ ಗಾಸ್ ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದನು. ಇದನ್ನು ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ $=9\cdot21\times10^{-21}$ ಗಾಸ್ ಸೆಂ.ಮೀ. $=5$ ವೈಸ್ ಮಾಗ್ನೆಟಾನ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಮೂರು ವಿಧವಾದ ಕಾಂತತ್ವ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ನಮ್ಮ ಆಧುನಿಕ ಪರಮಾಣು ತತ್ತ್ವದ ಆಧಾರವಾದ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯ ಅರ್ಥಗಳು ಕಲ್ಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

H, Li,...ಮುಂತಾದ ಅನುಕಾಂತತೆಯ ವಸ್ತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರವಲಯಃಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯ (incomplete shells) ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವುದು ಕಾರಣವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ನ ಭ್ರಮಣದ ಮೊಮೆಂಟ್‌ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ 1 ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್ ಮೌಲ್ಯದಿಂದ ಆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುತ್ತವೆ.

Zn, Cd...ಮುಂತಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತ ಭ್ರಮಣ ಮೊಮೆಂಟು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಕಾಂತತೆಯ ಮೊಮೆಂಟೂ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ ($\mu=0$) ಇವುಗಳೇ ಅಡ್ಡಕಾಂತತೆಯ (dia-magnetic) ವಸ್ತುಗಳು. ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ (ferro-magnetic) ವಸ್ತುಗಳಾದ Fe, Co, Ni ಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಮಧ್ಯವಲಯಗಳೂ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ತುಂಬದೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಕಾಂತತೆಯ ಮೊಮೆಂಟ್‌ಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯು ಸದಿಶ ಪರಮಾಣು ಆಕೃತಿಯ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ, ವಿವಿಧ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಗಳೂ ಅವುಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಭೌತ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳು, ಕಾಂತತ್ವದ ಲಕ್ಷಣಗಳು, ರೋಹಿತಗಳ (ದೃಶ್ಯ ರೋಹಿತ ಮತ್ತು x-ಕಿರಣ ರೋಹಿತಗಳು) ರೇಖೆಗಳ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಗಳು ಹೇಗೆ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತವೆಂಬ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮಗ್ರವೂ, ಸಂಪೂರ್ಣ ತೃಪ್ತಿಕರವೂ ಆದ ವಿವರಣೆಯು ಶಾಸ್ತ್ರೀಯವಾಗಿ ದೊರಕುವುದೆಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ 7

ಜಡವಸ್ತು ಮತ್ತು ಅದರ ತರಂಗರೂಪದ ಲಕ್ಷಣಗಳು

7.1 ಡಿಬ್ರೋಲಿಯ ಸಮೀಕರಣ

1913 ರಲ್ಲಿ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ನಂತರ, ಸುಮಾರು 12 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಆಕೃತಿಯ ಸ್ವರೂಪದ ವಿವಿಧ ರೂಪರೇಖೆಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿಯಮಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ರಚಿತವಾದ ಸದಿಶ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಗೆ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಕೇವಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ ಅನುಕೂಲವಾದ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಗೆ ನಿಜವಾದ ಬೆಲೆಯಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳು ಕೃತಕವಾಗಿರದೆ ಒಂದು ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಹಿನ್ನೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ ಭೋರ್ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳು ಕೇವಲ ಸಂದರ್ಭೋಚಿತ (ad-hoc) ವಾಗಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಸುತ್ತಬಹುದಾದ ಹಲವಾರು ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸುವುದು ಅವಿಚಾರಕ (arbitrary) ವಾಗಿ ತೋರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದು ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥದಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಧುಮುಕಿ, ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣವಾಗುವುದೆಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯೂ ಸಹಜವಾಗಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಭ್ರಮಣ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣಾಂಕದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಅರ್ಧಾಂಕ (half-integral) ಬೆಲೆಯು ಹೇಗೆ ಬಂದಿತೆಂಬುದಕ್ಕೂ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಗಳು ಕಂಡುಬಗಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ, ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಒಂದು ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಇದ್ದೇ ಇದ್ದಿತು. ಈ ಆವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಪೂರೈಸಲು, ತರಂಗ ಚಲನಾತ್ಮಕ ಆಕೃತಿಯ ಪರಮಾಣುವಿನ (wave-mechanical atom model) ಸಿದ್ಧಾಂತವು

ಪ್ರತಿಪಾದಿಕವಾಗಿದೆ. 1920 ರ ನಂತರ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದ ಹಲವಾರು ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಸಂಘಟನೆಗಳೇ ಈ ನವೀನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದುವು. ಇವುಗಳ ಸ್ಥೂಲ ವಿಮರ್ಶೆಯನ್ನು ಈಗ ಮಾಡಬಹುದಾಗಿದೆ.

1923-24 ರಲ್ಲಿ ಲೂಯಿ ಡಿ ಬ್ರೋೀಲಿ (Louis de Broglie) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಅವನ ಪ್ರಕಾರ "ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲತತ್ತ್ವವೇನೆಂದರೆ: ಒಂದು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದಿರುವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ (frequency) ಯಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ." ಅಂದರೆ ಕಣಗಳಂತೆ ತೋರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು (ಉದಾ: ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು) ತರಂಗ ರೂಪದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬೇಕು. ತರಂಗಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕಣಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಸಹ ತೋರ್ಪಡಿಸಬಹುದಾದರೆ, ಕಣಗಳಂತೆ ತೋರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳೊಡನೆ ಏತಕ್ಕಾಗಿ ತರಂಗದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸಬಾರದು ಎಂಬುದೇ ಅವನ ಮುಖ್ಯ ವಾದ. ಅಂದರೆ, ಅವನ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿದ್ದುದು ಬೆಳಕಿಗೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೂ ಇರಬೇಕಾದ ಸಾಮ್ಯ. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೂ ಕೂಡ ತರಂಗಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದ್ದು ಅವುಗಳ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಕೂಡ ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಈ ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿದ ರೀತಿಯು ಸರಳರೂಪವು ಕೆಳಗೆ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿದೆ.

ಬೆಳಕು ಫೋಟಾನ್ (photon) ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣ (radiation and absorption) ಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಅದರ ಶಕ್ತಿ E ಆಗಿ, ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆದರೆ,

$$E = h\nu \ldots \qquad (7\cdot1)$$

ಇದೇ ಫೋಟಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Theory of Relativity) ವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$E = pc$ ಆಗುತ್ತದೆ. [p= ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ (momentum)] (7.2)

[ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$E = \sqrt{m_0^2c^4 + p^2c^2}$ [m_0 = ಸ್ಥಾಯೀ ಜಡಾಂಶ].

ಫೋಟಾನಿಗೆ ಸ್ಥಾಯೀ ಜಡಾಂಶ $m_0 = 0$ ಆದರೆ, $E = \sqrt{p^2c^2} = pc$ ಆಗುತ್ತದೆ.]

ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$h\nu = pc$$

ಆದರೆ $c = \lambda\nu$

$$\therefore \quad h\nu = p.\lambda.\nu$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \text{ (ಫೋಟಾನ್‌ಗಳಿಗೆ)} \qquad (7\cdot3)$$

ಈ ತರ್ಕವನ್ನೇ ವಿಸ್ತರಿಸಿ, ಡಿಬ್ರೋಲಿಯು ಎಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗದೂರ (λ) ವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ,

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad (7\cdot4)$$

ಎಂಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು.

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಸ್ಥಾಯೀ ಪಥಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದುವಂತೆ ನಿದರ್ಶನಮಾಡಿದನು. ಅವನ ವಾದದ ಸರಣಿಯು ಹೀಗಿದ್ದಿತು:

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಭೋರ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಆ ಪಥವು ಸುಭದ್ರ (stable) ವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಆ ವೃತ್ತದ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿ, ಧ್ವನಿಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯೀ ಅಲೆಗಳ (standing waves) ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿ, ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು (integral number of wavelengths) ಅಳವಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರಬೇಕು. ಹೀಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಾಯೀ ಅಲೆಗಳ ಆಕೃತಿಯು ಸಾಮ್ಯದ ಪ್ರಕಾರ ರೂಪಭೇದವಿಲ್ಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವು a ಆದರೆ,

$$n\lambda = 2\pi a \qquad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (7.5)$$

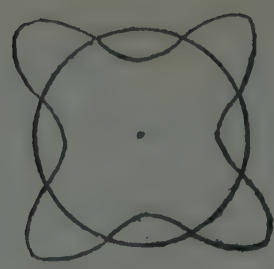
ಇಲ್ಲಿ λ = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗಿಸಿದ ತರಂಗಗಳ ಅಂತರ. ಡಿಬ್ರೋಲಿಯ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (7\cdot3)$$

$$\frac{nh}{p} = 2\pi . \ a$$

$$p.a = \frac{nh}{2\pi} = L \qquad (7.6)$$

ಇಲ್ಲಿ L = p.a = ಕೋನ ಮಾಪಿತ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ (angular momentum). ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೇ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಮೂಲ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡನು.



ಚಿತ್ರ 7.1 ಕಣ-ಅಲೆಗಳ ಸಮನ್ವಯ

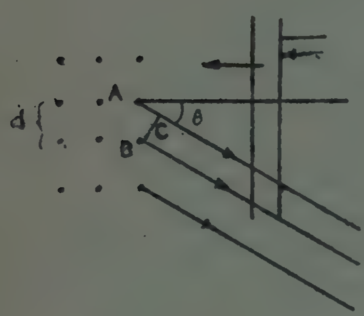
ಅಂದರೆ, ಈ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮವು ಕೃತಕ ಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ತರಂಗದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ.

7.2 ಡೇವಿಸನ್-ಗರ್ಮರ್ ಪ್ರಯೋಗ

ಡಿಬ್ರೋಲಿಯು ಪ್ಯಾರಿಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸದಸ್ಸಿನ ಮುಂದೆ 1924 ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದಾಗ, ಆ ಸಮೂಹವೆಲ್ಲವೂ ಆಶ್ಚರ್ಯದಿಂದ ಚಕಿತಗೊಂಡಿತು. ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ನಿಖರವಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶ (–e) ದ ಮಾನವನ್ನೂ ಜಡಾಂಶ (m) ವನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮೇಲೆಯೂ ಅದಕ್ಕೆ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತರಂಗದ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದು ಅವರಿಗೆ ಅರ್ಥವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, 1926 ರಲ್ಲಿ ಡೇವಿಸನ್ ಮತ್ತು ಗರ್ಮರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತರಂಗದ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಬೆಂಬಲ ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು.

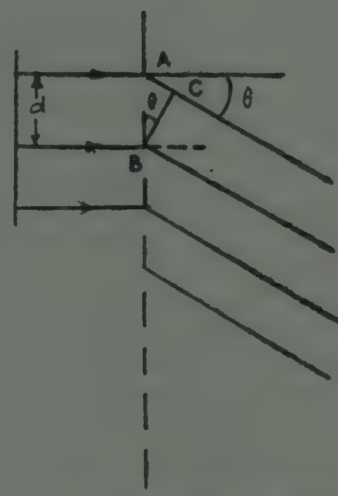
ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನಿಕ್ಕಲ್ ಹರಳನ್ನು (nickel crystal) ಲಕ್ಷ್ಯವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರ ಮೇಲೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವೇಗದಿಂದ ಬಂದು ಘರ್ಷಣೆಹೊಂದಿದರೆ, ಅವುಗಳು ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ನಾನಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚದರಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳ ಜಾಲವು ನಿಕ್ಕಲ್ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಜೋಡಿಸಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜಾಲರಿ (lattice) ಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (diffraction) ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಹೊರಬೀಳುವಾಗ, ಗೊತ್ತಾದ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಗುಂಪುಕಟ್ಟಿಕೊಂಡು ವಕ್ರವಿಯೋಜನ ಶೃಂಗ (diffraction maxima) ಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ x– ಕಿರಣಗಳು ಹರಳುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅವುಗಳ ಇದೇ ತೆರದ ವಕ್ರವಿಯೋಜನ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಿದುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಬೆಳಕು ಕೂಡ ವಕ್ರವಿಯೋಜನ ಫಲಕದ ಕಂಡಿಗಳ (diffraction grating lines) ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ವಕ್ರ

ವಿಯೋಜನೆ (diffraction) ಯ ವರ್ತನೆಯು ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಿಕ್ಕಲ್ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು x-ಕಿರಣಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಾಮ್ಯವು ಕಂಡುಬರಬೇಕು.



(a) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಹರಳಿನ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುವುದು.

(a)



ಜಾಲಕದ ಮೂಲಕ (Grating) ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ.

(b)

ಚಿತ್ರ 7.2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಿಗೂ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೂ ಹೋಲಿಕೆ

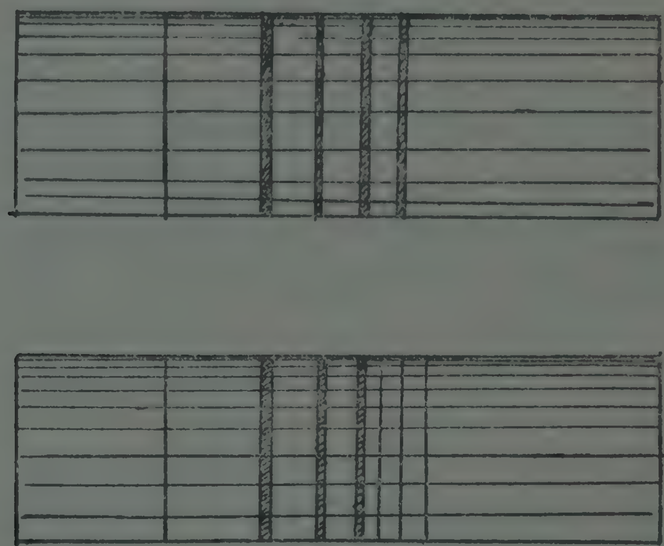
ಬ್ರಾಗ್ ನಿಯಮವನ್ನು x-ಕಿರಣಗಳು ಹರಳಿನ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುವುದರ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ ಅದರ ರೂಪವು ಹೀಗಾಗುತ್ತದೆ:

$$n\lambda = d \sin \theta \qquad (7.7)$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ 7·2 (*a*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಬೆಳಕಿನ ವಕ್ರ ವಿಯೋಜನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, d = ಫಲಕದ ಕಂಡಿಗಳ ಅಂತರ ದೂರ (grating constant) ಆಗುತ್ತದೆ; θ = ಬೆಳಕಿನ ಕಾಂತಿಯು ಅತ್ಯುಚ್ಚವಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ದಿಕ್ಕಿನ ಕೋನ (angle of maximum intensity in diffraction pattern) λ = ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ. ಇದರ ರೂಪಾಂತರವೇ ಚಿತ್ರ 7·2 (*b*) ರಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಹರಳಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಕೇಂದ್ರವಾಗಿ ವರ್ತಿಸಿ, ಈ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳ ದಿಕ್ಕು θ ಆದರೆ, ವಿವಿಧ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುದರ ಫಲವಾಗಿ, ಇಲ್ಲಿಯೂ ಅದೇ ಸಮೀಕರಣವು ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ d = ಪರಮಾಣುಗಳ ಜಾಲಕದ ಅಂತರ (lattice space) ಆಗುತ್ತದೆ. ನಿಕ್ಕಲ್ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ d = 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಇರುತ್ತದೆ.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಬೆಳಕು ಒಂದು ನೇರವಾದ ಚೂಪಾದ ಮೊನೆ (straight edge) ಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ನೆರಳಿನ ಗೆರೆಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಇದೇ ತೆರದ ವರ್ತನೆಯನ್ನೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಕೂಡ MgO ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಹರಳಿನ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಹಾಯುವಾಗಲೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ 'ಮೈಕ್ರಸ್ಕೋಪ್ (electron-microscope) ನಿಂದ ತೆಗೆದ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ರೇಖೆಗಳ ಆಕೃತಿಗಳೂ ಕಂಡು



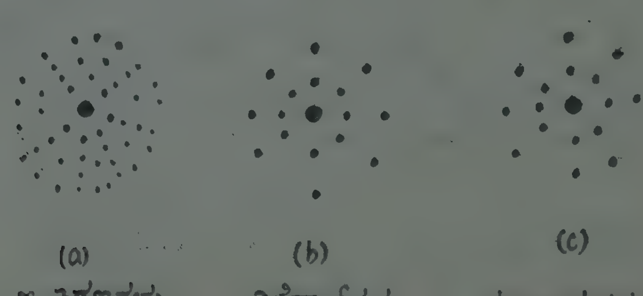
ಚಿತ್ರ 7.3 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಬೆಳಕುಗಳ ಸಮಾನ ವರ್ತನೆ

(*a*) ಬೆಳಕಿನ ವಕ್ರ ವಿಯೋಜನೆ (ನೇರ ಅಂಚಿನ ಮೂಲಕ)

(*b*) ಹರಳಿನಿಂದ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಕೃತಿ

ಬರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ದ್ಯುತಿಪ್ರತಿರೋಧದ ವರ್ತನೆಯೂ (interference) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ತರಂಗಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯು ಆವಶ್ಯಕ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಕೂಡ ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ತರಂಗಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಲೇಬೇಕೆಂಬ ವಿಷಯವು ಖಚಿತವಾದಂತಾಯಿತು. ಪ್ರೋಟಾನ್, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೂ ಕೂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಂತೆಯೇ ತರಂಗಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದನ್ನು ಇತರ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಸಮರ್ಥಿಸಿವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಡಿಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾದ ಬೆಂಬಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (7.4) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ x-ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಯಾವ ಭೇದವೂ ಇಲ್ಲ. x-ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತು



(a) x-ಕಿರಣಗಳು. (b) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು. (c) ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು.

ಚಿತ್ರ 7.4 ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯ ಆಕೃತಿಗಳು

ಬೆಳಕನ್ನು ಅಲೆಗಳಂತೆ ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಇದೇ ಕಲ್ಪನೆಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೂ ಸರಿ ಹೊಂದಬೇಕು. ನಿಕ್ಕಲ್ ಹರಳಿನ ಪ್ರಯೋಗದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾದ ಸಮಾನ ತರಂಗದೂರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$\theta = 6^\circ$ ಎಂದೂ $\sin\theta = \frac{1}{10}$ ಎಂದೂ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$d = 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$$\lambda_{max} = d\sin\theta = \frac{d}{10} = \frac{10^{-9}}{10} = 10^{-9} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.}$$

$$= \frac{1}{10} A^\circ \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (7.8)$$

ಡಿಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.6\times10^{-27}}{10^{-9}} = 6.6\times10^{-18} \frac{\text{ಗ್ರಾಂ-ಸೆಂ.ಮೀ.}}{\text{ಸೆಕಂಡ್}}$$

(ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ)

ಚಲನ ಶಕ್ತಿ $T = \frac{p^2}{2m} = \frac{m^2v^2}{2m} = \frac{1}{2}mv^2$

$$\frac{p^2}{2m} = \frac{6.6^2\times10^{-36}}{2\times9\cdot1\times10^{-28}} = 2.4\times10^{-8} \text{ ಎರ್ಗ್}$$

$$T = 1.5\times10^4 \text{ e.V ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (7.9)$$

ಅಂದರೆ, ಈ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಮಾನ ತರಂಗಾಂತರ (λ) ವು 10^{-9} ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

7.3 ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣ

ಡಿಬ್ರೋಲಿಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ತರಂಗಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದ ನಂತರ, ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಎದ್ದಿತು. ಈ ವಸ್ತು-ತರಂಗ (matter-wave) ದ ಮೇಲೆ ಬಲಪ್ರಯೋಗಮಾಡಿದರೆ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವೇನು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಕೊಡಲು ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ (Schrödinger) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಫಲನಾದನು. 1926 ರಲ್ಲಿ ಈ ಮೇಧಾವಿಯು ತನ್ನ ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಪರಿಹಾರವು ದೊರಕಿತು.

ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣವು ಕೇವಲ ಡಿಬ್ರೋಲಿ ತರಂಗಗಳಿಗೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಯಾವ ಕಣಕ್ಕಾದರೂ ಅಥವಾ ಯಾವ ಕ್ವಾಂಟಂ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (quantum system) ಗಾದರೂ ಅನ್ವಯಿಸುವಂಥ ಸರ್ವವ್ಯಾಪಿತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಕಣದ ಜಡಾಂಶ (m) ವು ಗೊತ್ತಾದರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ, ಯಾವುದೇ ವಿಧವಾದ – ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ – ಬಲಗಳ ಪ್ರಯೋಗವಾದರೂ, ಆ ಕಣದೊಡನೆ ಸಂಯೋಜಿತ (associated) ವಾಗುವ ಸಂಭವನೀಯ ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತರಂಗಗಳೆಂದರೆ, ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸ ತಕ್ಕ ಅವಲಂಬಿ ಪರಿಮಾಣ (functions of position and time) ಗಳು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಚಿಹ್ನೆಯು ϕ (x, y, z ; t) ಈ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಸಂಕೇತವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಈ ತರಂಗ ಅವಲಂಬಿ ಪರಿಮಾಣ (wave-function) ದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಎಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಪರಿಹಾರಮಾರ್ಗ (solutions) ಗಳಿವೆ. ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಸಹಜವಾದ ಪ್ರತಿರೋಧ (interference) ದ ತತ್ತ್ವವೂ ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ.

ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣದ ಒಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಲದ ಪರಿಮಾಣವೂ ಇದೆ. ಅದರ ರೂಪವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ:

$$-\frac{h}{2\pi i}\frac{\delta \phi}{\delta t} = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}\left(\frac{\delta^2\phi}{\delta x^2}+\frac{\delta^2\phi}{\delta y^2}+\frac{\delta^2\phi}{\delta z^2}\right)+V\phi \quad (7.10)$$

ಇದನ್ನು ಸಂಕುಚಿತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದರೆ

$$-\frac{h}{2\pi i}\frac{\delta\phi}{\delta t} = -\frac{h^2}{8\pi^2 m}\nabla^2\phi + V\phi \quad (7\cdot 11)$$

ಇದರಲ್ಲಿ $i = \sqrt{-1}$; h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ ; m = ಕಣದ ಜಡಾಂಶ ; V = ಕಣದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ (potential energy).

ಇದು ಚಲನ ಕಲನ ರೂಪದ ಸಮೀಕರಣ (differential equation). ಇದನ್ನು (solve) ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಒಂದು ರೂಪವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ:

$$\phi = C\epsilon^{-2\pi ih(wt-px)} \quad (7\cdot 12)$$

ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, V ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದು,

$$W = \frac{p^2}{2m} + V = \text{ಚಲನಶಕ್ತಿ} + \text{ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ ಆಗಿರಬೇಕು.} \quad (7.13)$$

ϕ ಎಂಬ ಸಂಕೇತವು ಕೇವಲ ಗಣಿತ ಸಂಕೇತವಾಗಿರದೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಭೌತ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲು ಹಲವು ಸಲಹೆಗಳು ಅಂಗೀಕೃತವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್-ಬಾರ್ನ್ (Max-Born) ಮಾಡಿರುವುದು. ಅವನ ಪ್ರಕಾರ $|\phi|^2$ = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಥವಾ ಯಾವ ಕಣಗಳಿಗಾದರೂ ಸಂಬಂಧಪಡುವ

ಸಂಭವನೀಯ ಸಾಂದ್ರತೆ (probability density). ಅಂದರೆ, ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಗುಂಪುಕಟ್ಟಿ, ಅವುಗಳ ವಾಸ್ತವ್ಯದ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಈ ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣವೇ ನವೀನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ ಅಥವಾ ತರಂಗಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ (wave-mechanics) ತಿರುಳಾಗಿದೆ. ಅದರ ಉಪಯೋಗವು ಬಹಳ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಈ ಸಣ್ಣ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಪ್ರಕೃತದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅತಿ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿ ಭೋರ್ ತೋರಿಸಿದ ಕಲ್ಪನಾಂಶವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಮಾರ್ಗದಿಂದ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸಬಹುದು.

ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ $= +Ze$; ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶ $= -e$; ಜಡಾಂಶ $= m$; ಅದಕ್ಕೂ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರ $= a$; ಕೇಂದ್ರವು ಸ್ಥಾಯಿಯೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವು

$$-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\nabla^2\psi - \frac{Ze^2}{a}\psi = W\psi \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (7\cdot14)$$

ಇದನ್ನು ರೂಢಿಸುವ ಮಾರ್ಗವು ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅಂತಿಮವಾಗಿ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಶಕ್ತಿ (W) ಯ ವಿವಿಧ ಮೌಲ್ಯಗಳು,

$$W = -\frac{2\pi^2 m e^4 z^2}{h^2 n^2} \qquad (7\cdot15)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ರೂಪವು ನಮಗೆ ಈಗಾಗಲೇ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಭೋರ್ ಸಮೀಕರಣವೇ ಆಗಿದೆ.

ಇದು ಒಂದೇ ಒಂದು ಸರಳ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ. ನಾವು ಪರಿಹಾರ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ರೂಪಗಳನ್ನು ತಿಳಿದು ಅವುಗಳನ್ನು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಸೂಕ್ತವಾದ ಪರಿಹಾರಮಾರ್ಗಗಳು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹಿಂದಿನ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದ ನ್ಯೂನತೆಗಳೆಲ್ಲ ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ನಾಶವಾಗುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಕಣ-ತರಂಗಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸಾಮ

ರಸ್ಯವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಮತ್ತು ನವೀನ ಮಾರ್ಗಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯನ್ನು ಕೂಡ ಭಾವಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

7.4 ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಅನಿಶ್ಚಿತ ತತ್ತ್ವ

ಇದುವರೆಗೂ ಸೂಚಿಸಿದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧದ ತಾತ್ತ್ವಿಕವಾದ ಸಮಾಧಾನವುಂಟಾದಂತೆ ತೋರಿಬರುತ್ತದೆ. ಬೋರ್ ಮತ್ತು ಇತರರು ಮಾಡಿದ್ದ ಕೃತಕವಾಗಿ ತೋರಿದ್ದ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಗೆ ಒಂದು ರೀತಿಯಾದ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳಹದಿಯು ಕಲ್ಪಿತವಾದಂತಾಯಿತು. ಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಒಂದು ಪ್ರಯತ್ನವೂ ಸಫಲವಾಯಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ, ಇವುಗಳಿಂದ ಗೋಚರವಾಗುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಆಕೃತಿಯು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡಿದರೆ, ನಮಗೆ ಒಂದು ಅಸಂಗತೋಕ್ತಿ (paradox) ಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ತತ್ತ್ವವು ಅಡಗಿರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗ ಅಥವಾ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ (position and velocity or momentum) ಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆಯೆಂದು ನಂಬಿದ್ದೆವು—ಅಂದರೆ, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ್ದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಾನಂತರ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು, ಅದರ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು ನಿಯಮಗಳು ಇದ್ದುವು. ಆದರೆ, ಇದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಲು ಹೋದರೆ, ತೊಡಕುಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಅಲ್ಲಿ ನಾವು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಜಡಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಚಲಿಸುವ ದೂರಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ನ ಜಡಾಂಶ $m=9\times10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ ; ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯ $= 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಈ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿನ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿದ್ದ ನ್ಯೂಟನ್ ಚಲನ ನಿಯಮಗಳು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ. ಇದರ ನಿಯಮಗಳೇ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಸಂದಿಗ್ಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಬೃಹತ್ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ (macroscopic world) ಜಡಾಂಶ ಮತ್ತು ದೂರಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಾಗ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರತೆ (accuracy) ಯಿಂದ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ (simultaneously) ಅಳೆದು ಸೂಚಿಸಲು ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಜಡಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದಂತೆ (10^{-27} ಗ್ರಾಂ ಪ್ರಮಾಣ) ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿದ್ದು,

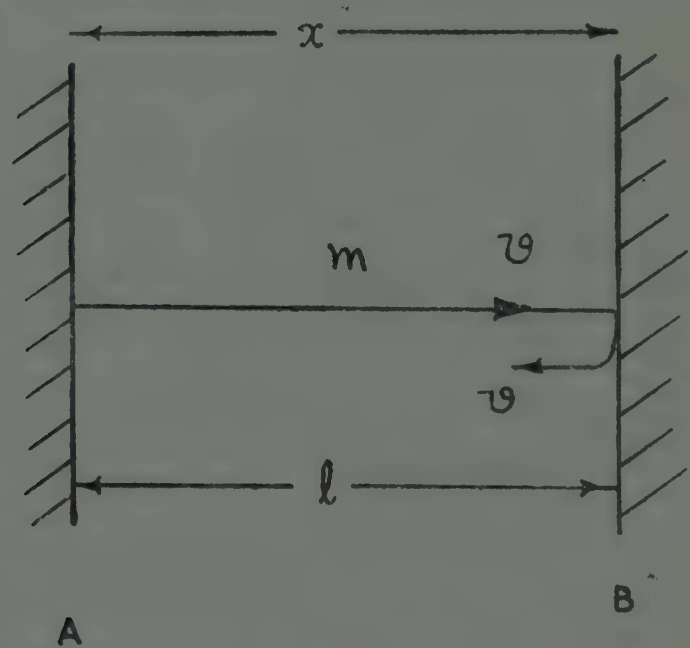
ಚಲಿಸುವ ದೂರಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯ ಪ್ರಪಂಚ (microscopic world) ವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನವನ್ನೂ ವೇಗವನ್ನೂ ಒಂದೇ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಳೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಸ್ಥಾನದ ಮೇಲೆ ಗಮನವಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯಿಂದ ಅಳೆಯಲು ಹೋದಂತೆ ಅದಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮರೀತಿಯಲ್ಲಿ (inversely) ಆ ಕಣದ ವೇಗವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದು ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳನ್ನು ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (microscope) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಕಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸಮನಾದ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ (resolving power) ಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಕಣದ ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶನದ ಮೇಲೆ ಗಮನವನ್ನಿಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಬೇಕಾದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ (x) ವು ಕಡಮೆಯಾದಷ್ಟೂ, ವಿಶ್ಲೇಷಣಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಕಡಮೆ ತರಂಗದೂರದ ಅತಿನೀಲ ಬೆಳಕನ್ನೂ ಅಥವಾ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಕಡಮೆ ತರಂಗದೂರದ ವಿಕಿರಣ (radiation) ವನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ತರಂಗದೂರವು ಕಡಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ ವಿಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಯು $\left(\frac{hc}{\lambda}\right)$ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಕಣ (photon) ವು ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗಾತ್ರದ ಕಣದ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವುದರಿಂದ, ಈ ಶಕ್ತಿವೃದ್ಧಿಯಿಂದ ಆ ವೀಕ್ಷಣಕಣದ ಸ್ಥಾನವೇ ಬದಲಾಗಿ, ಕಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ವೇಗ ವೃದ್ಧಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಕಣದ ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶನದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯು (uncertainty) ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಕಣದ ವೇಗದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವು ಕಡಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ವಿಶ್ಲೇಷಣಶಕ್ತಿಯು ಕಡಮೆಯಾಗಿ, ಅದರ ಸ್ಥಾನವೇ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗ—ಈ ಎರಡು ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರ ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಷ್ಟು, ಮತ್ತೊಂದರ ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಯು (certainty) ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1927 ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿ ಒಂದು ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಅದರ ರೂಪವು ಹೀಗಿದೆ :

$$(\Delta p)(\Delta x) \simeq h. \qquad (7.16)$$

ಇದರಲ್ಲಿ Δp = ಕಣದ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ (uncertainty in momentum); Δx = ಕಣದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ (uncertainty in position); h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ.

ಇದನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ಕಣಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ, ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಯಿಂದ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ, $\Delta p = 0$; $\Delta x = 0$. ಇದು ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ತೀರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಅರ್ಥವನ್ನು ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಗಳಿಂದ ನಿದರ್ಶಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 7.5 ನಿಯಂತ್ರಿತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣ

A ಮತ್ತು B ಗಳು ಎರಡು ಗೋಡೆಗಳು l ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆವರಣದಲ್ಲಿವೆ ಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಒಂದು ಕಣವು m ಜಡಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಈ ಎರಡು ಗೋಡೆಗಳ ನಡುವೆ v ವೇಗದಿಂದ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಕಣದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು x ನಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯು 0 ಮತ್ತು l ಗಳ ನಡುವೆ ಇರಬಹುದು. ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯು Δx ಆದರೆ $\Delta x < l$.

$$\therefore \quad \Delta p \geq \frac{h}{l} \tag{7.17}$$

$\Delta p = m \cdot \Delta v$ (Δv = ವೇಗದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ).

$$\therefore \quad \Delta v \geq \frac{h}{ml} \tag{7·18}$$

(a) ಕಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಗಿರಲಿ; $l = 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ

$$\Delta v = \text{ವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ} = \frac{6\cdot6 \times 10^{-27}}{9 \times 10^{-28} \times 10^{-8}} = 7 \times 10^{8}$$

ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್ (7·19)

ಅಂದರೆ, ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಚಲನದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯು 7×10^8 ಸೆಂ. ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ.

(*b*) ಕಣದ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಅದು ತಿರುಗಾಡುವ ಅಂತರವನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವೇನು ಎಂದು ನೋಡಬಹುದು.

ಮೇಲಿನ ನಿದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ಕಣವು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಲೋಹದ ಗುಂಡಾಗಿದ್ದರೆ ಅದರ $m = 10^{-3}$ ಗ್ರಾಂ. ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಇದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಜಡಾಂಶ = 1 mg. ಇದು ಚಲಿಸುವ ದೂರದ ಅಂತರ (l) ವು 10^{-3} cm ಆಗಿರಲಿ. ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ,

$\Delta x = 10^{-3}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$$\Delta p \simeq \frac{h}{\Delta \alpha} \cong 6 \times 10^{-24} \frac{\text{ಗ್ರಾಂ-ಸೆಂ.ಮೀ.}}{\text{ಸೆಕೆಂಡ್}} \qquad (7.20)$$

$$\Delta v \simeq \frac{\Delta p}{m} = \frac{6 \times 10^{-24}}{10^{-3}} = 6 \times 10^{-21} \frac{\text{ಸೆಂ. ಮೀ.}}{\text{ಸೆಕೆಂಡ್}} \qquad (7.21)$$

ಅಂದರೆ, ವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯು 6×10^{-21} ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇರುವುದು. ಇದು ನಮ್ಮ ಸಾಧಾರಣದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹವೇ ಅಲ್ಲ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ವಸ್ತುವಿನ ಜಡಾಂಶವು 1 mg ಆಗಿ, ಅದರ ನಿರ್ಬಂಧಿತ ಅವಕಾಶದ ಅಂತರವು $\frac{1}{1000}$ cm ಆಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಖಚಿತವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬಾಧಕವೂ ಇಲ್ಲ.

ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ನಮಗೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂತಿಮ ಅಂಶವನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು : ಕಣಗಳ ಜಡಾಂಶಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಜಡಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದು, ದೂರಗಳು ಪರಮಾಣು ತ್ರಿಜ್ಯದ ಪ್ರಮಾಣ (10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ.) ಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ತರಂಗರೂಪಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡು, ನಾವು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೇ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ ಅನಿಶ್ಚಿತ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿರುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವಿನ ಜಡಾಂಶವು 10^{-3} ಗ್ರಾಂಅಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದು, ದೂರಗಳು 10^{-3} ಸೆಂ.ಮೀ. ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿದ್ದು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವ್ಯವಾಗಿರುವ ಸೌರ ವ್ಯೂಹ, ಗ್ರಹಗಳು ಮುಂತಾದ ಬೃಹತ್ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಚಲನ ವಿಷಯದಲ್ಲಂತೂ,

ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಯೋಗವು ಬೇಕಾಗಿಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾದ '(classical mechanics) ಚಲನದ ನಿಯಮಗಳು ಅನ್ವಯ ವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದ ಮೇಲೆ, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ (microscopic-atomic) ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೂ ವಿಶ್ವದ ಗ್ರಹಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಎಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ (boundary) ನಾವು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಚಲನ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯು ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧವಾಗಿ ತೋರಿಬರುವ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ನಿಯಮ ಗಳಿಗೂ ನವೀನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ (continuity) ಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿ, ಸಾಮರಸ್ಯವನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸುವ ಸಾಧನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವೇ ಪ್ರಧಾನವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಸರ್ವತೋಮುಖವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ವೀಕ್ಷಣಕ್ಕೊಳಗಾದ ಗಾತ್ರಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದೇ ಅಂತಿಮವಾಗಿ (in the limit) ಸಾಂಪ್ರ ದಾಯಿಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮನ್ವಯವನ್ನು ಕಣ-ತರಂಗಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಈ ಸಮಗ್ರದೃಷ್ಟಿಯು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಗತಿಯ ಚಿಹ್ನೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಅಧ್ಯಾಯ 8

ವಸ್ತುವಿನ ಘನಸ್ಥಿತಿ

8.1 ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಯ ಕ್ರಮ

ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಯು ಸುವ್ಯವಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಒಂದು ಸಮಮಿತಿಯ ಆಕೃತಿಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿ ಒಂದು ಶಿಸ್ತಿನ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಘನವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಹರಳುಗಳೆಂದು ಹೆಸರಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಪರಮಾಣುಗಳು ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ಒಂದು ಚದುರಂಗದ ಮಣೆಯ ಆಕೃತಿಯ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಜಾಲರಿಯ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ (three-dimensional lattice framework) ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಹರಳು ರಚನೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು ಸುಮಾರು 3×10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ನಿಂದ 10×10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ವರೆಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಅಂತರವು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿರುವ x–ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗದೂರದ ಪ್ರಮಾಣವೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ x–ಕಿರಣಗಳು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (diffraction) ಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ x–ಕಿರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಹರಳುಗಳ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಕ್ರಮವನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಹರಳು ರಚನೆಯ ಶಾಸ್ತ್ರ (crystallography) ದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವ ವಿವಿಧ ಮಾದರಿಗಳ ರಚನೆಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ x–ಕಿರಣಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಧಿಸಲೂಬಹುದು, ಸಮರ್ಥಿಸಲೂಬಹುದು. ಹೊರಗಿನ ರೂಪವು ಏನೇ ಇರಲಿ, ಹಲವಾರು ಅಜೈವಿಕ (inorganic) ಘನವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯು ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಹೋಲುತ್ತವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿದೆ.

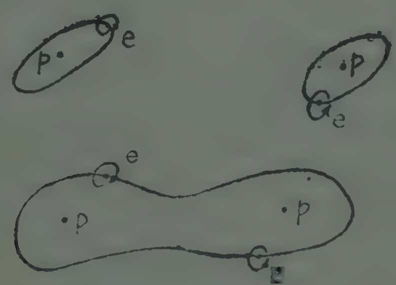
ಲೋಹ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಕಬ್ಬಿಣ, ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಚಿನ್ನ (Fe, Cu, Au) ಗಳ ರಚನೆಯು ಅತಿ ಸರಳವಾದ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ತವರ ಮತ್ತು ಕೋಬಾಲ್ಟ್‌ಗಳ ರಚನೆಯು ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದುದು. ಇಷ್ಟು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ ಜೋಡಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಬಲಗಳು ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಪರಮಾಣುಗ

ನಡುವೆ ಇರುವ ಬಲಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ (electrostatic) ಬಲಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅಂತರವು ಕಡಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ ಅವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಹೆಚ್ಚುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಹೋದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಪಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಈ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ (potential energy) ಯು ಒಂದು ಅಧೋಮಿತಿ (minimum) ಯ ವರೆಗೆ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮಿತಿಗಿಂತ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಂತರವು ಕಡಮೆಯಾದರೆ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಯು ಏರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ದೂರೀಕರಿಸಿದರೆ, ಮತ್ತೆ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಅಂತರ ದೂರದ ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಸಮೀಪವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ತಿಟ್ಟುಗಳೆಂದು (troughs or neutral points) ಕರೆಯಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಹರಳುಗಳ ರೂಪವು, ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಈ ತಿಟ್ಟುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಮತ್ತು ಆಳವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಪರಮಾಣುಗಳು ತಿಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿ (motionless) ಯಾಗಿರದೆ ಅವುಗಳ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಈ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಹೆಚ್ಚುತ್ತವೆ. x–ಕಿರಣಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳಿಂದ ಈ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳ ಪ್ರಭಾವವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲಗಳು ಆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹೊರವಲಯುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆಯೇ ಹೊರತು ಒಳಗಿನ ಪೂರ್ಣವಲಯುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನಲ್ಲ.

ತಾಮ್ರದಂತಹ ಲೋಹದಂತೆ ಇರುವ ಲೋಹಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹೊರವಲಯುಗಳಲ್ಲಿ 1 ಅಥವಾ 2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೆ, ಈ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ದಾನಮಾಡಿ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಆ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಯಾರಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಇವುಗಳ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸ್ಥಿತಿಯೂ ಹೀಗೆಯೇ ಇರುವುದರಿಂದ, ಈ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಹೊರಬಿದ್ದು ಇವುಗಳೇ ಒಂದು ಸಮೂಹವಾಗಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲದಂತೆ (free electron-gas) ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಉಳಿದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮಿಕ್ಕ ಭಾಗಗಳೆಲ್ಲವೂ ಪೂರ್ಣವಲಯುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಂದಿಗೆ ಜಡವಸ್ತುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ತಿರುಗಾಡುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಗುಂಪಿನಿಂದಲೇ ಲೋಹಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿ (electrical conductivity) ಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಂದಲೇ ಶಾಖವಾಹಕ ಶಕ್ತಿ (thermal conductivity) ಯೂ ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಕೋವೇಲೆಂಟ್ ಬಂಧನ (covalent bond) ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಜಲಜನಕದ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಈ ಕೋವೇಲೆಂಟ್ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟು, ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ ಕೂಡ ಇಡೀ ಅಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಡುವ ಪಥ (molecular orbit) ದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆಂದು ಹೈಟ್ಲರ್ (Heitler) ಮತ್ತು ಲಂಡನ್ (London) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ 1927 ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಹೀಗಾಗಿ, ಜಲಜನಕದ ಅಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥಿರಬದ್ಧ ರಚನೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಭ್ರಮಣ (spin) ಗಳು ವಿರೋಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 8.1

ಎರಡು 'H' ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ 'H' ಅಣುವಿನ ರಚನೆ

ಸ್ವತಂತ್ರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನಿಲ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ (kinetic theory of gases) ದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿ, ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ನಿಗದಿಯಾಗಿರುವುವು. ಮತ್ತು ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ತರಂಗಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಲೋಹದ ಕಂಬಿ (bar of metal) ಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆ ಕಂಬಿಯಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ತರಂಗದೂರಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮಟ್ಟಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾದವುಗಳು. ಉಳಿದವುಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಲೋಹದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ (posotive ion) ಗಳ ಆಂದೋಳನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟುದು. ಎರಡನೆಯದು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಮೂಹದ ತಾಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾದುದು. ಈ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗವು ಅಷ್ಟು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲದ್ದರಿಂದ, ಲೋಹ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಅಲೋಹವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಲೋಹಗಳಿಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ (electrical resistance) ವು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಜಾಲರಿ ಕಟ್ಟಡದ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾಡುವ ಕಂಪನ (vibrations) ಗಳ ವೈಶಾಲ್ಯ (amplitudes) ಗಳು ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತವೆಂದು ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಬಾಹ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವ (external electrical field) ದಿಂದ

ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಚದರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜಾಲರಿಯ ಕಟ್ಟಡ (lattice structure) ದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಬಹುದು. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು ಹೆಚ್ಚಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ಅನ್ಯ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರಂತೂ, ಈ ಅಶುದ್ಧತೆ (impurity) ಯಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಮತ್ತೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು.

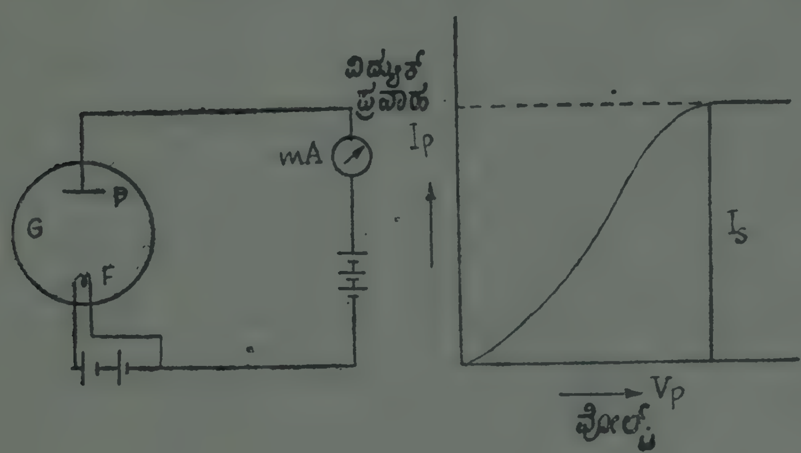
ತಾಪದ ಮಟ್ಟವು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠವಾದ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ, ಸುಮಾರು –270° C ಗಿಂತ ಕಡಮೆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವಾಗ, ವಸ್ತುಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ತಾಪದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಜಾಲರಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಂದೋಳನಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯು ಹಠಾತ್ತನೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಅತಿವಾಹಕತ್ವ (super-conductivity) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಕೆಲವು ಲೋಹಗಳಲ್ಲಂತೂ ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು ಶೂನ್ಯವಾದಂತೆಯೇ ತೋರುತ್ತದೆ.

1911 ರಲ್ಲಿ ಲೈಡನ್‌ನಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಕಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನೆಸ್ (Kammerlingh Onnes) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪಾದರಸದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಘಟನೆಯನ್ನು ಕಂಡನು. ತಾಪದ ಮಟ್ಟವು 4°·2 A—ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯ ತಾಪದ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ 4°·2 ಹೆಚ್ಚು ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಾಶವಾದಂತೆ ತೋರಿತು. ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಬದಲಾವಣೆಯು ಸುಮಾರು $\frac{1}{100}$° C ತಾಪದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಯಿತು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಅತ್ಯಲ್ಪ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ, ಅತ್ಯಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (electric current) ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವವು (liquid helium) 2.1°A ಗಿಂತ ಕಡಮೆಯ ತಾಪದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯತಾಪದ (absolute zero) ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ತಾಪದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಅತಿವಾಹಕತ್ವವು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ (technological applications) ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಮತ್ತು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಪ್ರಯೋಜನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದರ ನಿಜವಾದ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಕಾರಣಗಳಿಗೂ, ಪರಮಾಣುರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಅರಿಯಲು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲಿವೆ. ಇದೇ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಂಶೋಧನಾಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿದೆ.

8.2 ಶಾಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಕ್ರಿಯೆ

1882–89 ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಎಲ್‌ಸ್ಟರ್ (Elster) ಮತ್ತು ಗೈಟಲ್ (Geital) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿದ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರನಿಲ ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತು (metallic filament) ವನ್ನೂ ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿ, ತಂತುವಿನ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿ ಅದು ಕೆಂಪಗೆ ಕಾದಾಗ (red-hot) ಅದರಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುವುದನ್ನು ಕಂಡರು. ಈ ಕಣಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಾಗಿ, ಲೋಹದ ತಂತುವಿಗೂ ತಟ್ಟೆ (plate) ಗೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಆ ತಟ್ಟೆಯು ಧನಧ್ರುವ (positive) ಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ತಲಪಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೊರಡಿಸುತ್ತವೆ.



(*a*) (*b*)

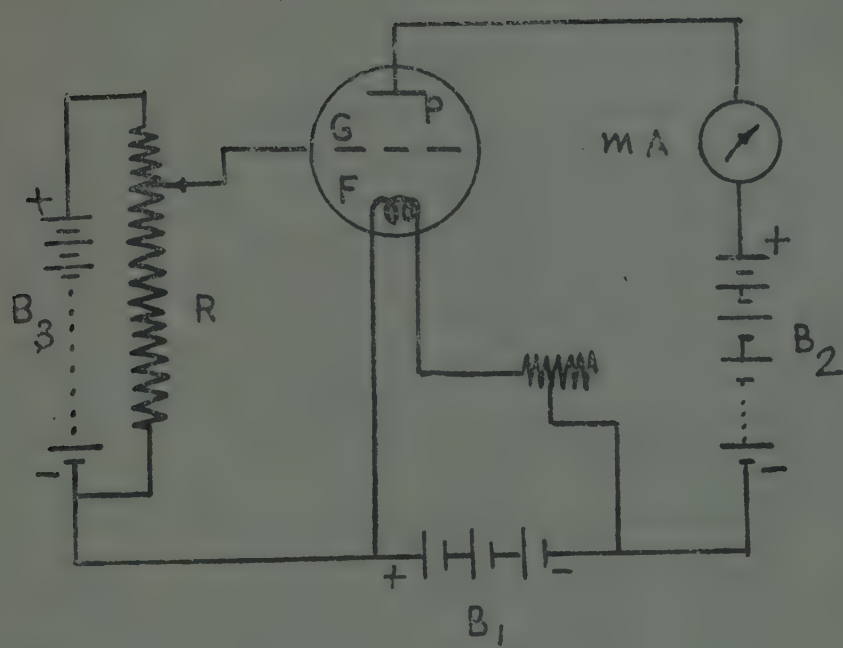
ಚಿತ್ರ 8·2 ದ್ವಿಧ್ರುವನಾಳಿಕೆ (diode) ಯ ವರ್ತನೆ

ಚಿತ್ರ (8.2) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆ (bulb). ಇದನ್ನು ನಿರನಿಲವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿರುವ F ಎಂಬುದು ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿ. ಇದು ಟಾಂಟಲಂ ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹದ್ದಾಗಿರಬಹುದು. ಇದನ್ನು B ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶಕ್ಕೆ (L. T. battery) ಬಂಧಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ತಂತಿಯು ಕೆಂಡಗೆಂಪಾಗಿ, ತಾಪದ ಮಟ್ಟವು 1000°C ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆಗ, ಈ ತಾಪದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಂತಿಯ ಹೊರಗೆ ದೂಡಲ್ಪಟ್ಟು ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲ (electron gas) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ರಿಚರ್ಡ್‌ಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ, ತಾತ್ತ್ವಿಕ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ತಾಪದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಈ ಚಲನೆಗಳು ಲೋಹದೊಳಗೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈ

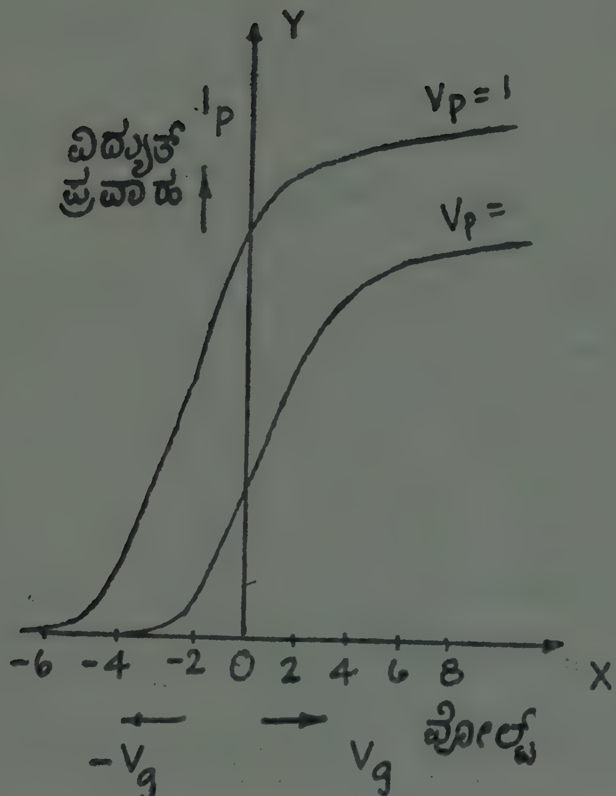
ಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಂತೆ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಪ್ರತಿಬಂಧಕ (potential barrier) ವು ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ತಡೆಯನ್ನು ದಾಟಿ ಹೋಗಬೇಕಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗವು ಒಂದು ಮಿತಿಯನ್ನು ಮೀರಬೇಕು. ಲೋಹದ ತಂತಿಯು ತಾಪವು ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ವೃದ್ಧಿಹೊಂದಿ ಒಂದು ಮಿತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ದಾಟಿ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಹಬೆಯ ಕಣ (vapour) ಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಕೆಯಾಗಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಹೊರಬಿದ್ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೆಲ್ಲ ಲೋಹದ ಸುತ್ತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಕ್ರಮೇಣ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿ (equilibrium) ಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಮೂಹವು ಆವರಣದ ವಿದ್ಯುತ್ (space charge effect) ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಲು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರ ಬೀಳಲು ಅವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಧಕವಾಗುವಂತೆಯೇ ಚಿತ್ರ 8.2 (*a*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ P ಎಂಬ ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಬೃಹತ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ (H. T. battery B_2) ಧನ (+) ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (positive potential) ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಆಕರ್ಷಿತವಾಗಿ A ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು I_p ಸೂಚಿಸಿ, P ತಟ್ಟೆಯ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು V_p ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಚಿತ್ರ 8·2 (*b*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ $I_p \rightarrow V_p$ ನಕ್ಷೆಯ ರೇಖೆ (graph) ಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ I_p ಗೆ ಒಂದು ಉಚ್ಚ ಮಿತಿ (maximum) (I_s) ಯು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸಂತುಷ್ಟ ಮಿತಿ (saturation limit) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ದ್ವಿಧ್ರುವ (diode) ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಶೇಷವೇನೆಂದರೆ : ಇದು ಒಂದು ಏಕದಿಕ್ ಕವಾಟ (valve) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, P ತಟ್ಟೆಯು + (ಧನ) ಆಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅದನ್ನು ತಲಪಲು ಸಾಧ್ಯವಿದ್ದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುತ್ತದೆ. P ತಟ್ಟೆಯನ್ನು—(ಋಣ) ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗೆ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ತಡೆಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ P ಮತ್ತು F ಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (alternating potential) ದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಆವರ್ತ (cycle) ದಲ್ಲಿಯೂ P ಯು + ಆಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿದ್ದು ಉಳಿದ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ P — ಆದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಪರ್ಯಾಯ

ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಏಕಮುಖವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಸಾಧನ (rectifier) ವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.



(*a*)



(*b*)

ಚಿತ್ರ 8·3 ತ್ರಿಧ್ರುವ (triode) ದ ವರ್ತನೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಲಕ್ಷಣ ನಕ್ಷೆಗಳು

ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಒಂದು ತ್ರಿಧ್ರುವ (triode) ವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದೂ ಒಂದು ನಿರನಿಲದ ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆ (evacuated glass bulb) ಯ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಒಳಗಡೆ, F, G ಮತ್ತು P ಗಳೆಂಬ ಮೂರು ಅಂಗಗಳಿವೆ. F

ಎಂಬುದು ಲೋಹದ ತಂತುವಿನ ಸುರುಳಿ. ಇದನ್ನು B_1 ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವುದರಿಂದ, ತಂತಿಯ ತಾಪವು ಹೆಚ್ಚಿ ಅದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಗೆ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು P ಎಂಬ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪು ವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ, G ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಜಾಲರಿ (grid) ಯನ್ನು ದಾಟ ಬೇಕಾಗಿದೆ. G ಯನ್ನು B_3 ಎಂಬ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ G ಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (V_g— grid potential) ವನ್ನು ಬದಲಾ ಯಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ, G ಯನ್ನು ದಾಟಿ P ಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ನಿಯಂತ್ರಿತ (controlled) ವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ನಿಯಂತ್ರಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣ ವನ್ನು P ಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿಸಿರುವ B ಬೃಹತ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಸರ್ಕೀಟಿ (plate circuit) ನಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ (mA) ವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ F, G ಮತ್ತು P ಗಳೆಂಬ ಮೂರು ಧ್ರುವ ಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ತ್ರಿಧ್ರುವವೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಈ ಟ್ರಯೋಡಿನ ಲಕ್ಷಣ (characteristics) ಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ನಕ್ಷೆ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳ ರೂಪವು ಚಿತ್ರ 8·3 (*b*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತಿದೆ. ಇದು I_p (plate current) ಗೂ V_g (grid voltage) ಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. V_p (plate voltage) ಯ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಬದಲಾದರೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೇಖೆಗಳು ಬರುತ್ತವೆ.

ನಿಸ್ತಂತು ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರ (wireless transmission) ದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋ ಗಿಸಲಾಗುವ ಎಲ್ಲ ಅಂಗಗಳಿಗೂ, ಈ ಟ್ರಯೋಡ್ (triode) ನಾಳಿಕೆಯು ಮೂಲ ಭೂತವಾದುದು. ಇದನ್ನು ಉಪಕರಣಗಳ ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯೆ ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳು ಮೂರು : (1) ಗೊತ್ತು ಹಚ್ಚುವುದು (detector), (2) ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ (amplifier) ಮತ್ತು (3) ಆಂದೋಳಕ (oscillator).

ಬಾನುಲಿ ಪ್ರಸಾರ (broadcast) ದಲ್ಲಿ ಇದರ ಪಾತ್ರವು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವೂ ಮೂಲಭೂತವೂ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ತತ್ತ್ವಗಳ ಸ್ಥೂಲಪರಿಚಯವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

8.3 ಅಲ್ಪವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವ - ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್

ನಿಸ್ತಂತು ವಾರ್ತಾಪ್ರಸಾರದ ವಿಧಾನ (wireless transmission) ದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಶಾಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆ (thermionic valves) ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡು ಹೆಚ್ಚು ವಿಶಿಷ್ಟತೆ ಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಉಪಕರಣಗಳ ಗಾತ್ರ (sizes) ಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಕಡಮೆಮಾಡಿ

ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ತಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಉಂಟುಮಾಡಿರುವ ನವೀನ ಸಾಧನವೆಂದರೆ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ (transistor). ಇದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮರಚನೆಯು ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗಿದೆ ಯೆಂದರೆ, ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಾರ್ತಾಗ್ರಾಹಕ ಉಪಕರಣ (receiver set) ವನ್ನು ಜೇಬಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅಥವಾ ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು (Portable) ಆರಾಮವಾಗಿ ತಿರುಗಾಡುತ್ತಿರುವಾಗಲೇ ಅದರ ಶ್ರವಣಸುಖವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತಿರಬಹುದು. ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಈಗ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಗ್ರಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ಸಾಧನಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತಿವೆ. ಇದರ ಬಳಕೆಯಿಂದ ಶಾಖ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆ (thermionic valves) ಗಳು ನಿಷ್ಪ್ರಯೋಜಕವಾಗಿವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಆ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದ, ತಂತು, ಜಾಲರಿ, ಪ್ಲೇಟ್ (filament, grid and plate) ಗಳು ಯಾವುವೂ ಇಲ್ಲ. ಇದು ಕೆಡುವಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಒಂದೇ ಒಂದು 12 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಸಣ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶ (battery of 12 volts) ವನ್ನು ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿಯೇ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ ಸಾಕು. ಇದರ ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ಮತ್ತು ಇತರ ಗುಣಗಳೂ ಅದ್ಭುತವಾದುವು. ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಲು ಮಾತ್ರ ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

1948 ರಲ್ಲಿ (30–6–1948) ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಮೂವರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು,—ಷಾಕ್‌ಲಿ (W. Schockley), ಬ್ರಟ್ಟೀನ್ (W. H. Brittain) ಮತ್ತು ಬಾರ್ಡೀನ್ (J. Bardeen)—ತಮ್ಮ ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದರು. ಇವು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ, ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ವರ್ತನೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಆ ಮೂವರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೂ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು 1956ರಲ್ಲಿ ಲಭಿಸಿದ್ದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಆಶ್ಚರ್ಯವೂ ಇಲ್ಲ.

ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್‌ಗಳು ಅಲ್ಪ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ವಸ್ತುಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದುವು (semiconductors). ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳ ವಾಹಕತ್ವವು ಲೋಹದ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರುವ ತಾಮ್ರ, ಚಿನ್ನ, ಬೆಳ್ಳಿಗಳಿಗೂ ಪೋರ್ಸಿಲೇನ್, ರಬ್ಬರ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕ(insulators) ಗಳಿಗೂ ಮಧ್ಯಸ್ಥ (intermediate) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಅಲ್ಪ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳೆಂಬ ಹೆಸರು ಸೂಚಿಸುವಂತೆ, ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ವಹನ ಮಾಡುವ ಕಣ (free-charge carriers) ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ತಾಪದ ಮಟ್ಟವನ್ನೂ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಅಶುದ್ಧತೆಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ (temperature and impurities present) ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಜರ್ಮೇನಿಯಂಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡೋಣ.

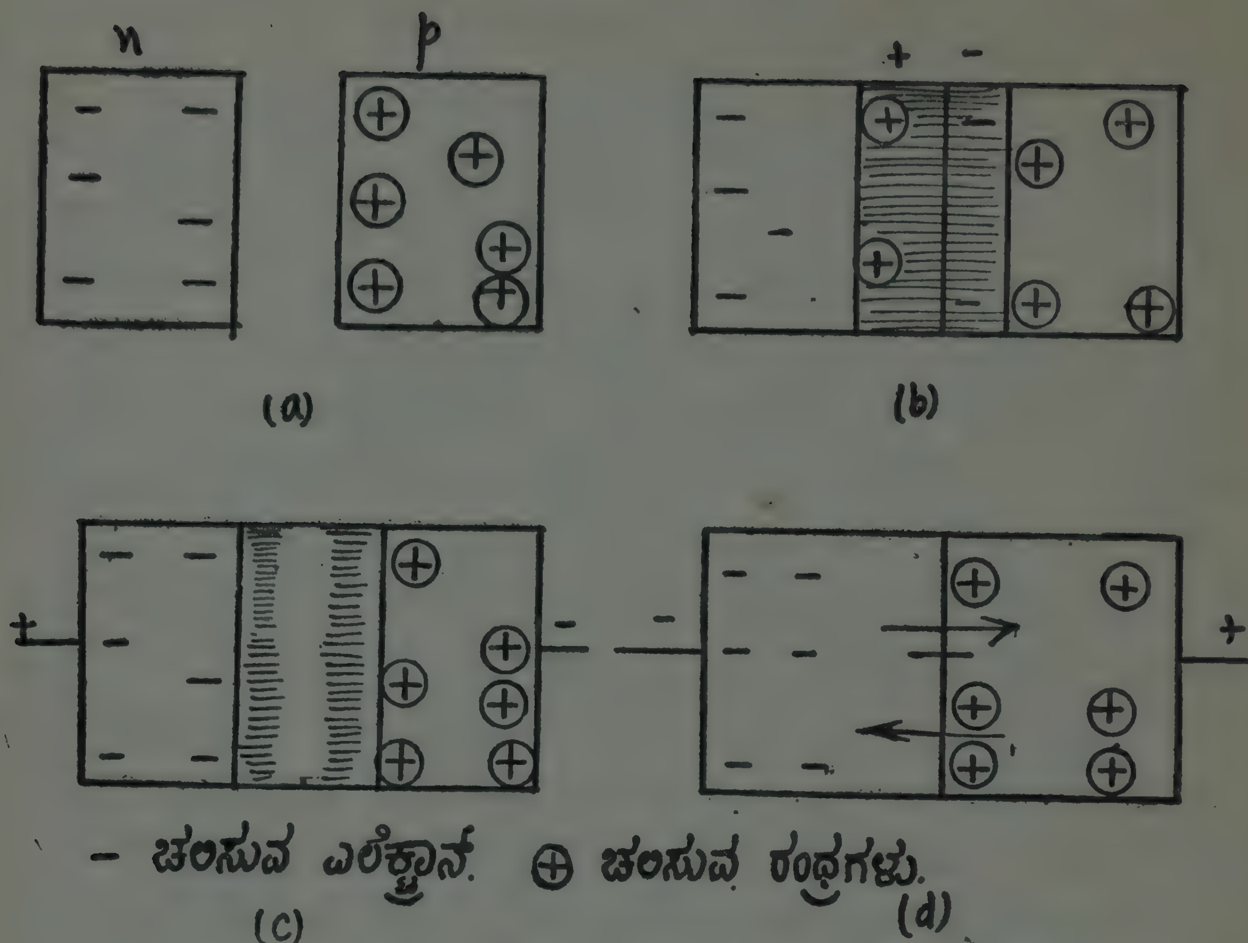
ವಸ್ತುಗಳ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ (periodic table) ವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಜರ್ಮೇನಿಯಂಸ್ಥಾನವು ನಾಲ್ಕನೇ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಇದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯದಲ್ಲಿ (incomplete shell) ನಾಲ್ಕು ಸಂಯೋಜನಶಕ್ತಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು (valence electrons) ಇರುತ್ತವೆ. ಹರಳುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಯ ರೂಪವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ನಾಲ್ಕು ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇತರ ನಾಲ್ಕು ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ, ಸಂಯೋಗದ ಫಲದಿಂದ, ವಿನಿಮಯ (shared) ವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಬಂಧನದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ತಮ್ಮಲ್ಲಿನ ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಪಾಲುಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶುದ್ಧವಾಗಿರುವ 100% ಜರ್ಮೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಈ ರೀತಿಯಾದ ಸಂಯೋಗ ಬಂಧನಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿ, ತಾಪದ ಮಟ್ಟವು ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕತ್ವಕ್ಕೆ (conduction) ಅವಕಾಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ತಾಪದ ಮಟ್ಟವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ—ಅಂದರೆ, ಸುಮಾರು 85° C ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ—ಕೆಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸಂಯೋಗ ಬಂಧನಗಳಿಂದ ವಿಮುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಅವುಗಳ ಚಲನವಲನಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋದ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಖಾಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳು (holes or vacancies) ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ರಂಧ್ರಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಖಾಲಿಯಾಗುವುದರಿಂದ ಆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಉಳಿದಿರುವ ಭಾಗವು ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ನಾವು ಒಂದು ಬಾಹ್ಯವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ (applied e. m. f.) ವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಖಾಲಿಯಾಗಿರುವ ರಂಧ್ರವನ್ನು ತುಂಬಲು ಪಕ್ಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಕ್ರಮಿಸಬಹುದು. ಅದು ಬಿಟ್ಟ ಜಾಗವು ಒಂದು ರಂಧ್ರದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಕ್ರಮಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ರಂಧ್ರಗಳು (holes) ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ರಂಧ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದಿಂದಲೇ, ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಹನದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ (negative or *n*) ರಂಧ್ರಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ (positive or *p*) ಹೊಂದಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಶುದ್ಧತೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಅಶುದ್ಧತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪವಾಗಿರಬಹುದೆಂದರೆ, 10 ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ 1 ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಕೂಡಿಸುವುದು. ಮೂಲ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇದರಿಂದ ಯಾವ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಫಲಿತಾಂಶವೂ ಆಗುವಂತಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು.

ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿ 5 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಹೊರವಲಯುಗಳನ್ನು ತುಂಬಲು 4 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸಾಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಇವುಗಳ ವಿನಿಮಯವಾದ ಮೇಲೆಯೂ ಒಂದು ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇದ್ದು ಬಂಧನಕ್ಕೊಳಗಾಗದೆ ಹರಳಿಗೆ ದಾನಮಾಡಲು (donate) ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಒಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ (neutral) ಆಗಿದ್ದರೂ, ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಚಲಿಸತಕ್ಕ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು. ಇಂಥ ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಹನವು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವನ್ನು '*n*' ಮಾದರಿ ಹರಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈಗ, ಶುದ್ಧ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಹರಳಿಗೆ, ಆರ್ಸೆನಿಕ್‌ಗೆ ಬದಲು ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ವಸ್ತುವನ್ನು ನಿಯಮಿತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅಶುದ್ಧತೆಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದರೆ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರ ಅಪೂರ್ಣವಲಯದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವಾಗಿ ಹೊಂದಿ, ಸಮೀಪದ ಚೌಕಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕೊಳ್ಳಲು (accept) ಸಮರ್ಥವಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಚೌಕಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಖಾಲಿ ಜಾಗವು ಏರ್ಪಟ್ಟು ಅದು ಒಂದು ರಂಧ್ರ (hole) ವಾಗುತ್ತದೆ ಈ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ತುಂಬಲು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಚಲಿಸಿ, ರಂಧ್ರಗಳ ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈ ಧನಧ್ರುವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಧ್ರುವಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಹನವಾಗುವ ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ತೆರದ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಹರಳಿಗೆ '*p*' (positive) ಮಾದರಿಯೆಂದು ಹೆಸರು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಮೂಲ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಅಶುದ್ಧತೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸಿ, '*n*' ಮಾದರಿಯ ಅಲ್ಪ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನೂ (semi-conductor) ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಅಶುದ್ಧತೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸಿ '*p*' ಮಾದರಿಯ ಅಲ್ಪ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನೂ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ತಯಾರುಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಈ '*n*' ಮತ್ತು '*p*' ಮಾದರಿಯ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಸಂಧಿಗಳನ್ನಾಗಿ (junctions) ಮಾರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಈ ಜೋಡಣೆಯ ಉಪಕರಣವೇ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ (transistor) ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದು ದ್ವಿಧ್ರುವ (diodes) ಮತ್ತು ತ್ರಿಧ್ರುವ (triodes) ನಾಳಿಕೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಹೊಂದಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಉಪಯೋಗವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

n-p ಮಾದರಿಗಳ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದರೆ, ಇದು ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ದ್ವಿಧ್ರುವದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏಕಮುಖ ಪ್ರವಾಹವನ್ನಾಗಿಮಾಡಲು (rectifier-converting alternating to direct current) ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರಗಳಿಂದ ನಿದರ್ಶನ ಮಾಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 8·4 (*n*-*p*) ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್—ಏಕಮುಖಪ್ರವಾಹವರ್ತನೆ

(*a*) A ಮತ್ತು B ಗಳು '*n*' ಮತ್ತು '*p*' ಮಾದರಿಯ ಎರಡು ಹರಳುಗಳು. A ನಲ್ಲಿ ಬರಿ ಚಲನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ B ನಲ್ಲಿ + ಚಲನ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನೂ ಮಾತ್ರ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅಶುದ್ಧತೆಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿಲ್ಲ.

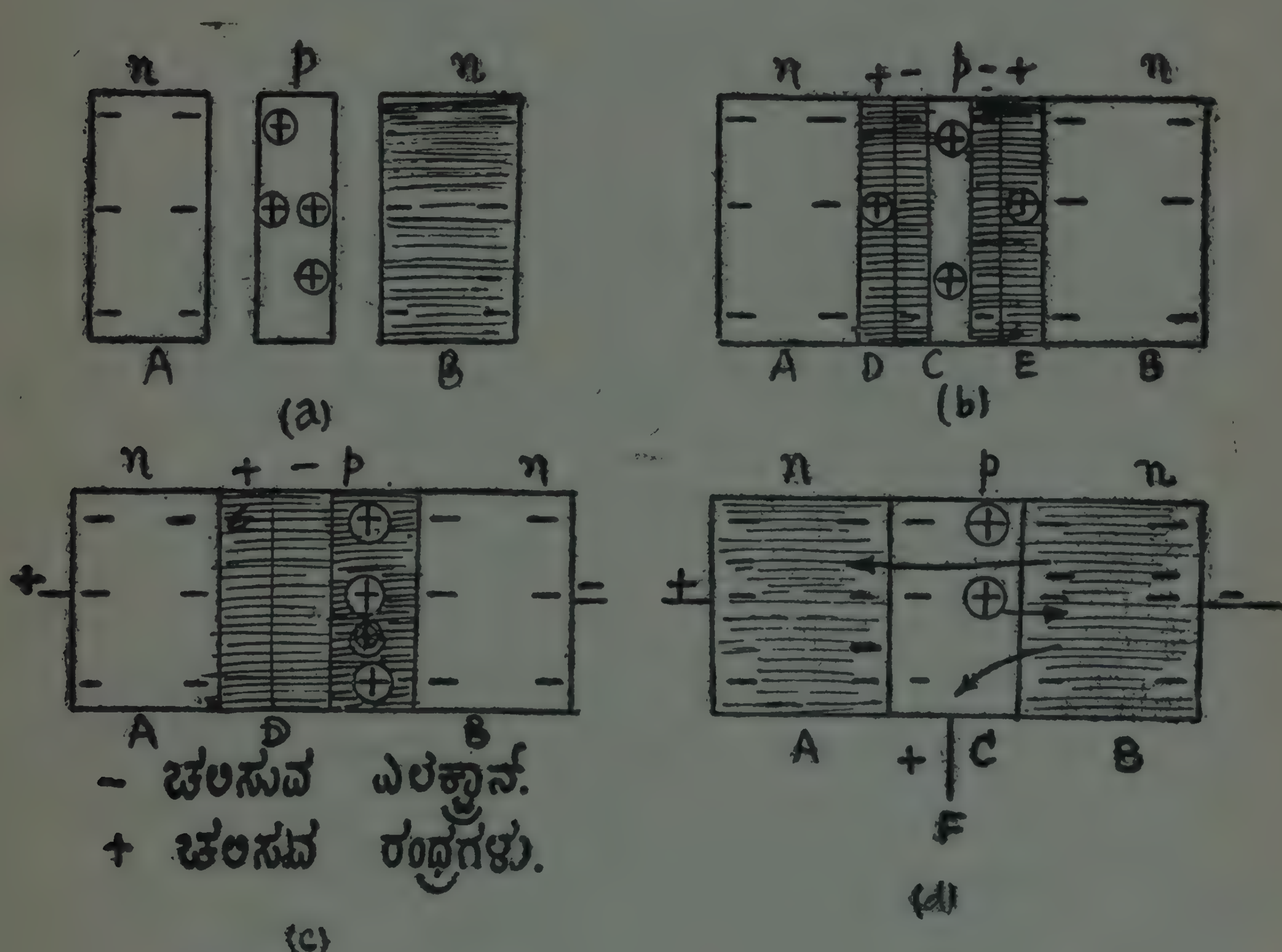
(*b*) ಈ ಎರಡು ಹರಳುಗಳನ್ನೂ ಸಂಧಿಸಿದರೆ, ಸಂಧಿಸುವ ಜಾಗ (*C*) ದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. '*n*' ಮಾದರಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು C ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು B ಯಲ್ಲಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಕೆಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೀಗೆ ಬಂದ ಮೇಲೆ, p ಹರಳು — ಹೆಚ್ಚು ಆಗುವುದರಿಂದ, ಮುಂದಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಬರದಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ C ಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಗಡಿಯು (barrier) ಏರ್ಪಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಹನವು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ.

(*c*) ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಗಳನ್ನು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ (external voltage source) + ಮತ್ತು — ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಮಾಡಿದರೆ, ಮಧ್ಯಭಾಗದ C ಗಡಿಯು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತಡೆಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ತಡೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

(*d*) ಈಗ, A ಮತ್ತು B ಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ — ಮತ್ತು + ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ, ಅಂದರೆ, *n* ಕಡೆ (−) *p* ಕಡೆ (+) ಆದರೆ, ನಡುವೆ C ಯಲ್ಲಿ

ಏರ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಗಡಿಯು ಮಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಚಲನವು ಏರ್ಪಟ್ಟು ⇄ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ ಸೂಚಿತವಾಗುವಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

ಈ ವಿಮರ್ಶೆಯಿಂದ ನಮಗೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. A ಮತ್ತು B ಅಂದರೆ 'n' ಮತ್ತು 'p' ಗಳ ಕಡೆಗಳ ನಡುವೆ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು (alternating) ಏರ್ಪಡಿಸಿದಲ್ಲಿ ಆವರ್ತದ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟು ಏಕಮುಖ ಪ್ರವಾಹ (direct) ವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಸಮಕಾರಕ (rectifier) ಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿ, ಈ ಸಾಧನವು ಒಂದು ದ್ವಿಧ್ರುವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 8·5

(n-p-n) ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ ವರ್ತನೆ

ಈ ಅಲ್ಪ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಿಂದ ತ್ರಿಧ್ರುವ ನಾಳಿಕೆಯ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವಾದ ಶಕ್ತಿವರ್ಧನದ ಗುಣ (amplification) ವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆಂಬುದು ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು n-p-n ಮಾದರಿಯೆಂದೂ p-n-p ಎಂದೂ ಕರೆಯುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. n-p-n ಮಾದರಿಯನ್ನು ನಿದರ್ಶನಕ್ಕಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ತೆಳುವಾದ -p- ಮಾದರಿ ಹರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಇದನ್ನು ಎರಡು 'n' ಮಾದರಿಯ ಹರಳುಗಳ ನಡುವೆ ಅಂಟಿಸಿ ಸ್ಯಾಂಡ್‌ವಿಚ್ಚಿನಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ.

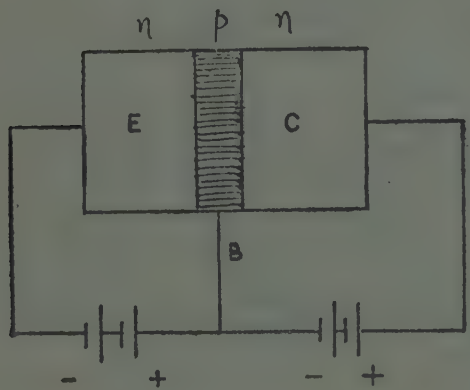
(*a*) n, p ಮತ್ತು n ಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಬಿಡಿಯಾಗಿರುವಾಗ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು (—) ಮತ್ತು + ಗಳ ಮೂಲಕ ಸೂಚಿಸಿದೆ.

(*b*) ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿರುವ (A and B) n ಗಳ ನಡುವೆ 'p' ಯನ್ನು (*C*) ಸಂಧಿಸಿದರೆ, *C* ಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯಿರುತ್ತದೆ. *C*ಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ D ಮತ್ತು E ಗಳು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಡೆಗಳಂತೆ ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ.

(*c*) ಈಗ A ಮತ್ತು B ಕೊನೆಗಳನ್ನು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ + → (D) ಮತ್ತು – ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿಸಿದರೆ, ಎಡಗಡೆ n p ತಡೆಯು ← (E) ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಬಲಗಡೆ ಇರುವ p n ಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುತ್ತದೆ.

(*d*) ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ 'p' ಗೆ ಬೇರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ + ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಮಾಡಿದರೆ, ಎಡಗಡೆಯಿರುವ (D) ಪ್ರತಿಬಂಧಕವೂ ಮಾಯವಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಡಗಡೆ ಇರುವ (n) ಹರಳಿಗೆ ಆಕರ್ಷಣವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. 'p' ಹರಳಿನ ಗಾತ್ರವು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ($\frac{1}{100}$ ಅಂಗುಲ) ವಾಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು F ಪ್ರವಾಹಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹರಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಬಲದಿಂದ ಎಡಗಡೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಇದು ಒಂದು ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ (amplifier) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಈ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು ಚಿತ್ರ (8.5) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ.

ಎಡಗಡೆ ಇರುವ 'n' ಹರಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಕ (emitter E—,) ಎಂದೂ, ಬಲಗಡೆ ಇರುವ 'n' ಹರಳನ್ನು ಗ್ರಾಹಕ (collector) —C ಎಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ p ಹರಳು ತಳ (base)—B ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ E ಇಂದ p ಕಡೆಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇದು



E = ಉತ್ಸರ್ಜಕ

B = ತಳ

C = ಗ್ರಾಹಕ

ಚಿತ್ರ 8·6 (n-p-n) ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ ರಚನೆ

ಸಾಮಾನ್ಯ ತ್ರಿಧ್ರುವ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಸುರುಳಿ (filament) ಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಬಲಗಡೆ ಇರುವ ಗ್ರಾಹಕವು ತ್ರಿಧ್ರುವದ ತಟ್ಟೆ (plate of a triode) ಯಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತದೆ. B ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ತಳವು ಮಧ್ಯಭಾಗ ದಲ್ಲಿದ್ದು ತ್ರಿಧ್ರುವದ ಜಾಲರಿ (grid) ಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

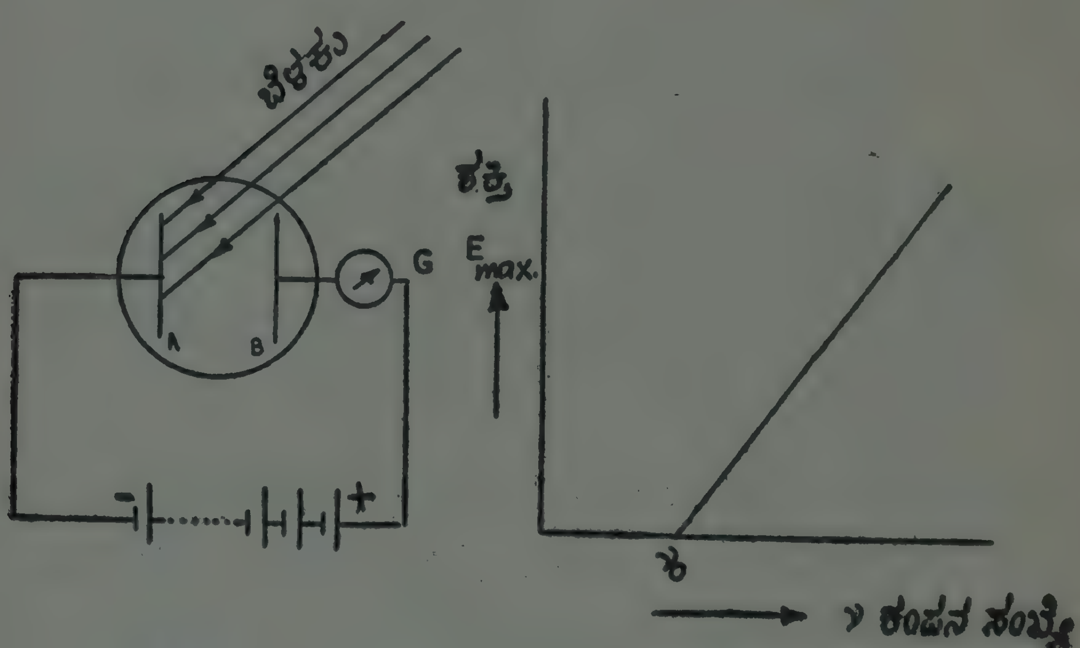
ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನಗಳ ಸ್ಥೂಲವರ್ತನೆಯನ್ನು ಇದುವರೆಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಹರಳಿಗೆ ಬದಲು ಸಿಲಿಕಾನ್‌ಹರಳಿನಿಂದಲೂ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್‌ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ನವೀನ ಸಾಧನೆಗಳು ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರದ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಎಬ್ಬಿಸಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ವಿಶೇಷ ಬಳಕೆ ಯಲ್ಲಿದ್ದ ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಾಹಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು (receiver sets) ಹಿಂದಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಹಾಗೂ, ವಿಶೇಷ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್‌ಗಳನ್ನು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗ ವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿವೆ. ಗಾತ್ರ ಅತಿ ಕಡಮೆ, ವೆಚ್ಚವೂ ಸ್ವಲ್ಪ, ಸರಳ ಜೋಡಣೆ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿ, ವಾರ್ತಾಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿಯೂ, ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಸೆಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಗಣಕ (computers) ಮುಂತಾದ ವಿಶೇಷ ಉಪಕರಣಗಳ ಲ್ಲಿಯೂ, ಇವುಗಳು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿವೆ.

8.4 ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ

ಬೆಳಕಿಗೂ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ತಾತ್ತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಕಣಸ್ವರೂಪವು ದೃಢಪಟ್ಟು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ದೊರೆಯಿತು. ಔಪಯೋಗಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಹಲವಾರು ತಾಂತ್ರಿಕ ಉಪಕರಣಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಿಂದ ಇದು ಮಹತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹಾಲ್ ವಾಕ್ಸ್‌ನಿಂದ (Hall-Wacks) ಹಿಡಿದು, ಎಲ್ ಸ್ಟರ್, ಗೈಟಲ್ (Elster, Geitel) ಮೊದಲಾದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು.



ಚಿತ್ರ 8.7 ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆ

ಚಿತ್ರ 8·7 (*a*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ C ಎಂಬುದು ಬೆಣಚುನಾಳಿಕೆ (quartz-bulb). ಇದನ್ನು ನಿರನಿಲವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದರೊಳಗೆ A ಮತ್ತು B ಎರಡು ಸತುವಿನ ತಟ್ಟೆಗಳು (zinc plates) ಇದ್ದು ಇವುಗಳನ್ನು E ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ, G ಎಂಬ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿಸಲಾಗಿದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದ A ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಬಲ್ಬ್‌ನ ಮೂಲಕ ಅತಿ ನೀಲ (ultra-violet) ಬೆಳಕನ್ನು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, G ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಇದೇ ಬೆಳಕನ್ನು A ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಧನಧ್ರುವವಾದ B ಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಯಾವ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಕಂಡುಬರಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆಯೇ A ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಸತುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಲಿಥಿಯಂ, ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಮೊಲಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ತಟ್ಟೆಗಳಾಗಿ ಮಾಡಿದರೂ, ಇದೇ ವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಸೀಸಿಯಂ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳು ದೃಶ್ಯರೋಹಿತ ಬೆಳಕಿನ (visible light) ಪ್ರಭಾವದಿಂದಲೂ, ಈ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

ಇದೇ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾದುವು :

(1) ಕೆಲವು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬೀಳುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದರಿಂದ ಈ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ (photo-electric effect) ಯೆಂದು ಹೆಸರು.

(2) ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ಆ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ (emitted ions) ವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ಕಣಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯ ಕಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗಿ, ಆ ಮಂಡಲ (circuit) ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ, ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದಿಂದ ಉಲ್ಲೇಖಿತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

(3) ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಇವುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶ (e) ಮತ್ತು ಜಡಾಂಶ (m) ವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಆ ಋಣ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ಕಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಎಂಬ ಅಂಶವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳಿಗೆ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣ (photo-electrons) ಗಳೆಂದೂ ಹೆಸರಾಯಿತು.

(4) ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗಕ್ಕೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಉದ್ದೀಪಿಸುವ (irradiate) ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ (frequency) ಒಂದು ಸರಳ ಸಂಬಂಧವು ಕಂಡುಬಂದಿತು.

(5) ಒಂದೇ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಅಥವಾ ವೇಗವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

(6) ಒಂದೊಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ (sensitive) ವಸ್ತುವಿನಿಂದಲೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಮಿತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು.

(7) ಉದ್ದೀಪನವಾಗುವ ವಿಕಿರಣ (radiation) ದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆಗಿಯೂ ಕನಿಷ್ಠ ಮಿತಿಯು ν_0 ಆಗಿಯೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳುವ ಅತ್ಯಧಿಕ ವೇಗವು ν_{max} ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$E_{max} = \frac{1}{2} m\nu_{max}^2 = h(\nu - \nu_0)$ [m = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜಡಾಂಶ; h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ] (8.1)

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ನಿದರ್ಶನವು ಚಿತ್ರ 8.6 (*b*) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಸರಳರೇಖೆಯ ನಕ್ಷೆಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

(8) ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಗೂ, ಉದ್ದೀಪನ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭೆ (intensity) ಗೂ ಯಾವ ಸಂಬಂಧವೂ ಇಲ್ಲ. ಪ್ರಭೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುವುದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು, ಅವುಗಳ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ದ್ಯುತಿಕ್ರಿಯೆಯ ತತ್ತ್ವ ನಿರೂಪಣೆ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ-ಸಮರ್ಪಕವಾದ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸಮರ್ಥವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಇದೊಂದು ತೊಡಕಿನ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ (Einstein) ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸುವಂತೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಈ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಸೂತ್ರಗಳು ಈಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಸಮೀಕರಣ (Einstein's photo-electric equation) ವೆಂದು ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕೇ ಆಗಲಿ, ಬೇರೆ ಯಾವ ವಿಧವಾದ ವಿಕಿರಣ (radiation) ವಾಗಲಿ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಾಗ ಅದು ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಕಣ (photon) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆದರೆ, ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು $h\nu$ ಆಗಬೇಕು. ಈ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಕಣವು ವಸ್ತುವಿನ ಹಲವಾರು ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದಿದಾಗ, ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆ ಪರಮಾಣುವು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತದೆ. ತತ್‌ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ, ಯಾವ ಕಾಲವಿಳಂಬವೂ ಇಲ್ಲದೆ (3×10^{-9} ಸೆಕಂಡ್‌ಗಿಂತ ಕಡಮೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ), ಶಕ್ತಿಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ವಿನಿಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನ ಬಂಧನದಿಂದ ಮುಕ್ತಿ ಹೊಂದಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ಶಕ್ತಿ (w) ಯನ್ನು

ವ್ಯಯಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕೆಲಸ ಪರಿಮಾಣ (work function) ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಇದು ವ್ಯಯವಾದ ಮೇಲೆ ಉಳಿದಿರುವ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ವೇಗ (v) ವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಾಗಿಯೇ ರೂಪಿತವಾಗುವ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ,

$$h\nu = w + \frac{1}{2}mv^2 \quad (8\cdot2)$$

$$\therefore \frac{1}{2}mv^2 = h\nu - w \quad (8\cdot3)$$

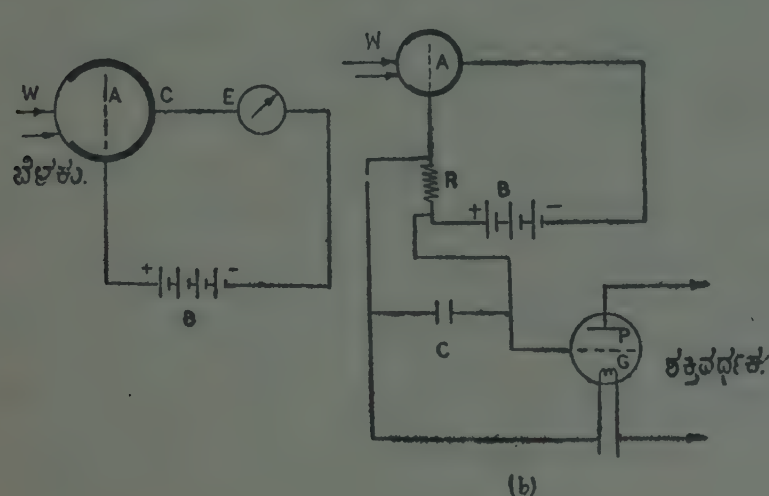
ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲಶಕ್ತಿ ($h\nu$) ಯು 'w' ಗಿಂತ ಕಡಮೆ ಯಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊರ ಬೀಳಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಲಾರದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಆ ಕನಿಷ್ಟ ಮಿತಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ν_0 ಆದರೆ $w = h\nu_0$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\text{ಹೀಗಾಗಿ } \frac{1}{2}m\nu^2 = h\nu - h\nu_0 = h(\nu - \nu_0) \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \quad (8.4)$$

ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳಿಗೂ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮನ್ವಯ ವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಇದೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ಸಾಹಸ ಘಟನೆಯಾಗಿದೆ.

ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ

ಈ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮುಖ್ಯ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ (ಅಥವಾ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ) ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಇದನ್ನು ತಾಂತ್ರಿಕ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಹೊಂದಲು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣ್ಣೆಂದೂ (Electric eye) ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ್ಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ತಂತುಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ



ಚಿತ್ರ 8.8 (*a*) ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (*b*) ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ ಸಾಧನ

ವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಬೆಳಕು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದ ಸಾಮಾನ್ಯ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.8 (*a*) ದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. P ಎಂಬುದು ಒಂದು ಗಾಜು ಅಥವಾ ಬೆಣಚು (quartz) ಬಲ್ಬ್. ಇದರೊಳಗೆ ನಿರನಿಲ ವಾತಾವರಣ (vacuum) ವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಕೆಲವು ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ಒತ್ತಡದ ಅಪೂರ್ವ ಅನಿಲಗಳಾದ ಹೀಲಿಯಂ, ನಿಯಾನ್, ಆರ್ಗಾನ್ ತುಂಬಿರುತ್ತವೆ. ಇದರ ಒಳ ಭಾಗ c ಯ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಲೋಹ ಪದಾರ್ಥಗಳಾದ ಪೊಟಾಸಿಯಂ, ರುಬಿಡಿಯಂ, ಸೀಸಿಯಂನ ಲೇಪದಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಮುಂಭಾಗದಲ್ಲಿ w ಭಾಗವು ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದು ಕಿಟಕಿಯಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ನೇರವಾಗಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ C ಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ A ಎಂಬ ಒಂದು ಧನಧ್ರುವ (anode) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, C ಮತ್ತು A ಗಳನ್ನು ಹೊರಗಡೆಯಲ್ಲಿರುವ B ಎಂಬ ಸುಮಾರು 100–150 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕೋಶದ ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಹೊರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ (photo-electric current) ವನ್ನು E ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕವು ಅಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಗೊತ್ತಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೆಳಕು (ಅಥವಾ ಅತಿ ನೀಲ ಬೆಳಕು) w ಮೂಲಕ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ (C) ಬಿದ್ದರೆ ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು A ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪಿ, ಹೊರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಮಾಡಿ, E ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರಮಾಣವು ಬಹಳ ಅಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿ (amplify) ಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಒಂದು ಹಂತದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವT ಎಂಬ ತ್ರಿಧ್ರುವ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.7 (*b*) ದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗವು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ತ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ವರ್ಧಿಸಿ, ರಿಲೇ (Relay) ಮುಂತಾದ ಸಾಧನಗಳ ಮೂಲಕ ಹಲವಾರು ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಘಂಟೆ, ಕಳ್ಳಕಾಕರನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಮುನ್ಸೂಚನೆ ಕೊಡುವ ಸಾಧನ(burglar alarm), ದೀಪದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, (lighting) ಗಣಕಗಳು (counters) ಮುಂತಾದ ನೂರಾರು ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಬಹುದು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಎಲ್ಲ ಉಪಯೋಗಗಳೂ ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ.

ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಪಯೋಗವು ವಾಕ್ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ದೂರ ದರ್ಶನ (talkies and television) ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರದ ಜೊತೆಗೆ ಚಿತ್ರ ಮತ್ತು ಬಿಂಬ ಗಳನ್ನೂ ಒಯ್ಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದೇ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಪ್ರಪಂಚದ ಮೂಲೆ ಮೂಲೆಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ತತ್‌ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ, ಕೇಳಲು ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ಸಲಕರಣೆಗಳು ಪಾಶ್ಚಾತ್ಯ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಅನುಭವದ ಮಾತಾಗಿದೆ. ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಬರಲು ಹಲವು ಪಂಚವಾರ್ಷಿಕ ಯೋಜನೆಗಳು ಬೇಕಾಗಬಹುದು!

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎಲ್ಲ ಸಾಧನಗಳೂ ಮಾಮೂಲಾಗಿ ಅಳವಡಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರಯಾ ಣಿಕರ ಚಲನವಲನಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣೆದುರಿಗೆ ನಡೆಯುವಂತೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಚಂದ್ರ, ಅಂಗಾರಕ ಮುಂತಾದ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಮಾನವನ ಸಂಚಾರವು ಇಷ್ಟ ರಲ್ಲಿಯೇ ಕೈಕೂಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಚರಿತ್ರೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯಲು ಈ ಸಾಧನಗಳು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತವೆ.

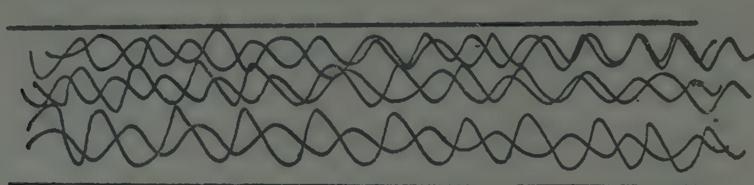
8.5 ಮಾಸರ್ ಮತ್ತು ಲಾಸರ್

ಇವುಗಳು ಸುಮಾರು 10 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನಗಳು. ಇವು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಹೊಳಪುಳ್ಳ ಬೆಳಕನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡತಕ್ಕ ಉಪ ಕರಣಗಳು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದವರು ಇಬ್ಬರು ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 1958 ರಲ್ಲಿ ಕೊಲಂಬಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಡಾಕ್ಟರ್ ಟೌನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಬೆಲ್ ಸಂಶೋಧನಾಲಯಗಳ ಆರ್ಥರ್ ಷಾಲಾ (Dr. Townes; Arthur L. Shawlaw) ಈ ಅತ್ಯದ್ಭುತ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಈ ಎರಡು ಪದಗಳೂ ಐದು ಅಕ್ಷರ ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿ ಅವುಗಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ವಿವರಣೆ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation and Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. ಅಂದರೆ, ವಿಕಿ ರಣದ ಉತ್ಸರ್ಜನದಿಂದ ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ಯುತಿ ವರ್ಧನ ಎಂದು ತಿಳಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮರಚನೆಯನ್ನು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನೂ ಈಗ ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

ಈ ಸಾಧನಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ, 1961 ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕಾದೇಶದ ಹೋಮ್ ಡೆಲ್ಲಿನಲ್ಲಿ (Holmdel) ಬೆಳಗಿಸಿದ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಹೊಳಪು ಅದರಿಂದ ಸುಮಾರು 25 ಮೈಲಿಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದ ಮುರ್ರೆಹಿಲ್ (Murray Hill) ನಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸಿತಂತೆ. ಇದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂಕುಚಿತತೆ (narrowness) ಮತ್ತು ತೀಕ್ಷ್ಣತೆ (intensity) ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿತ್ತೆಂದರೆ, 25 ಮೈಲಿಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿಯೂ ಕೇವಲ

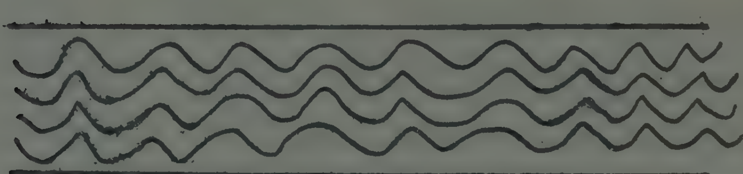
200 ಅಡಿಗಳ ವ್ಯಾಸದ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಈ ಬೆಳಕು ಅಡಗಿತ್ತಂತೆ. ಹೀಗೆಯೇ 1962 ಮೇ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಸ್ಟನ್ (Boston) ನಿಂದ ಕಳುಹಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಗಳ ತಂಡವು (Beam of light) ಚಂದ್ರನನ್ನು ತಲಪಿ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗುಂಡಿ (crater) ಯಲ್ಲಿ ಬಿದ್ದಿತಂತೆ. ಇದೊಂದು ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಾಹಸವೇ ಸರಿ.

ಇಷ್ಟು ಪ್ರಬಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಆ ಬೆಳಕಿಗೆ ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತೆಂದರೆ ಅವುಗಳು ಸಂಸಕ್ತ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ (coherent radiation) ಸೇರಿರುವುದರಿಂದಲೇ. ಅಂದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಒಂದು ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳು ಸಮನಡೆ (instep) ಯಲ್ಲಿರದೆ ಅಸಂಸಕ್ತ (incoherent) ವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 8.9 (*a*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದು ಅಸಂಸಕ್ತ ಅಲೆಗಳು. ಇವುಗಳು ಯದ್ವಾತದ್ವಾ (hap-hazard) ಹರಡಿರುವುದು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಚಿತ್ರ 8.9 (*b*) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಅಲೆಗಳು ಸಮನಡೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ಒಂದು ಶಿಸ್ತಿನಿಂದ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಸಕ್ತತೆ (coherent) ಯೆಂದು ಹೆಸರು. ಅಲೆಗಳ



(*a*)

ಅಸಂಸಕ್ತ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು. INCOHERENT WAVES



(*b*)

ಸಂಸಕ್ತ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು. COHERENT WAVES

ಚಿತ್ರ 8.9 (*a*) ಅಸಂಸಕ್ತ (incoherent) ಅಲೆಗಳು
(*b*) ಸಂಸಕ್ತ (coherent) ಅಲೆಗಳು

ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಕೆಲವು ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಳು (micro-waves) ಅಥವಾ ಹಲವಾರು ಮೀಟರ್‌ಗಳು ಇದ್ದರೆ ಅವುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸಂಸಕ್ತವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳು ಸಂದೇಶಗಳನ್ನು ಒಯ್ಯಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ವಾಹಕ (carrier waves) ಅಲೆಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕು, x–ಕಿರಣಗಳು ಮುಂತಾದುವುಗಳು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳು ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಅಸಂಸಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂದೇಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಲು ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಟೌನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಷಾಲಾ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಮಹತ್ತ್ವವೇನೆಂದರೆ, ಕಡಮೆ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಒಂದು ಉಪಕರಣದ ಮೂಲಕ ಸಂಸಕ್ತವನ್ನಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಅವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ಮಾಸರ್ (Maser) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದು ಒಂದು ಕೆಂಪು ಹರಳಿನ ಸಣ್ಣ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿ (Small ruby cylinder). ಇದರ ಉದ್ದ 1·5 ಅಂಗುಲ ಮತ್ತು ಅಡ್ಡವ್ಯಾಸ 0.2 ಅಂಗುಲ ಮಾತ್ರ. ಇದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸುಮಾರು $\frac{1}{4}$ ಅಂಗುಲ ಚದುರದ ಎರಡು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮಾಡತಕ್ಕ ಮೇಲ್ಮೈಗಳುಳ್ಳ ಸಮಾನಾಂತರ ಸಮತಲ ದರ್ಪಣಗಳನ್ನಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಒಂದೊಂದು ದರ್ಪಣದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನಿಡುಗಂಡಿಯನ್ನು (very tiny slit) ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ಮೂಲಕವೇ ಅತಿ ಸಂಕುಚಿತ ಎಳೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯ ಬೆಳಕು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಈ ಕೆಂಪು ಹರಳಿನ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಸುತ್ತ ಸುರಳಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಅತಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಮಿನುಗುದೀಪ (photo-flah lamp) ವಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಈ ಉಪಕರಣವು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆಂದು ನೋಡೋಣ. ಕೆಂಪು ಹರಳಿನಲ್ಲಿರುವುದು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅಶುದ್ಧತೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕ್ರೋಮಿಯಂನ (Cr) ಪರಮಾಣುಗಳು. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮೇಲೆ ಹಸರು ಬೆಳಕು ಬಿದ್ದರೆ, ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಅಪೂರ್ಣ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ (higher energy levels) ಏರುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಳಂಬವಾಗಿಯೇ, ಮಧ್ಯಸ್ಥಮಟ್ಟಗಳ ಮೂಲಕ ಕನಿಷ್ಟ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಇಳಿಯುವಾಗಲೇ, ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ದ್ಯುತಿಕಣ (photons) ಗಳಾಗಿದ್ದು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹರಡಿ, ಕೆಲವು ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ (axis of the cylinder) ಸಮಾನಾಂತರವಾದ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉತ್ತೇಜನಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ (stimulate, excite) ಈ ಉತ್ತೇಜಿತ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವು ಮತ್ತೆ ಹಲವಾರು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸಿ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅತಿ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಸಂವರ್ಧನ (amplified) ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಸಮನಡೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಇದರ ಬೆಳಕು ಕೆಂಪಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ (ಹಸುರಿನ) ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಈ ಸ್ಫುರಣ ಬೆಳಕು (Fluorescence) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡು ದರ್ಪಣಗಳ ನಡುವೆ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಈ ಬೆಳಕಿನ ಝರಿಯು (cascade) ಹರಿದು ಅದರ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯು ಅತಿ ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಕಾಲಾವಕಾಶ ಕೇವಲ 10^{-6} ಸೆಕೆಂಡು ಮಾತ್ರ. ಈ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯು ಒಂದು

ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದನಂತರ ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತ ಮಿನುಗು ರೇಖೆಯಂತೆ ದರ್ಪಣದ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹೊರಚಿಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಅಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ಸಂಕುಚಿತ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಅತಿ ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಫುರಣಗಳು (flashes) ಅತಿ ಪ್ರಭಾವಂತವಾಗಿದ್ದು ಒಂದೇ ನಡೆಯಲ್ಲಿರುವ ಸಂಸಕ್ತ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವಾಗಿರುತ್ತದೆ (mono-chromatic, coherent beam of light).

ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಕಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಹೊರ ಚಿಮ್ಮುವ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಮೆತುನೀರ್ಕೊಳವಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸಣ್ಣ ಮೂತಿಯಿಂದ (nozzle of a hose pipe) ಹೊರ ಚಿಮ್ಮುವ ನೀರಿನ ಧಾರೆಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಈ ಕಡಮೆ ತರಂಗಾಂತರದ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿ, ಅವುಗಳು ಸಂಸಕ್ತ (coherent) ವಾಗಿರುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಸಂದೇಶಗಳನ್ನು ಅತಿ ಪ್ರಭಾವಂತವಾಗಿ ಒಯ್ಯುವ ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳನ್ನಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಯಾನಮಾಡುವ ಗಗನ ಯಾತ್ರಿಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ, ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಲಾಸರ್ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ಅತ್ಯುಜ್ಜ್ವಲ ಭವಿಷ್ಯವಿದೆಯೆನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ನಿಸ್ತಂತುವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರ, ಟೆಲಿವಿಷನ್, ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಸಂದೇಶಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದು, ಶಸ್ತ್ರ ಚಿಕಿತ್ಸೆ, ವೈದ್ಯಶಾಸ್ತ್ರ ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

8.6 ಪರಿಸಮಾಪ್ತಿ

1895 ರಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾದ ಹಲವಾರು ಮೂಲಭೂತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ನವೀನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ಉದಯಿಸಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಹುಭಾಗವು ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿ ಅದರ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗದ ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಬೀಜಾಂಶ (nucleus) ಮತ್ತೊಂದು ಈ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳು ಮತ್ತು ಚಲನವಲನಗಳು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ನಿಯಮ ಬದ್ಧವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಓರಣ (orientation) ಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದನ್ನು

ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವಿನ ಭೌತಲಕ್ಷಣಗಳು, ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳು, ವಿಶಿಷ್ಟ ವರ್ಣಪಟಲ (spectral constitution) ದ ಆಕೃತಿಗಳು, ಕಾಂತತ್ವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಗುಣಗಳು—ಇವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬಾಹ್ಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳಿಂದ ರೂಪಿತವಾಗುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲಗಳನ್ನೂ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಕೇಂದ್ರದ ಬೀಜಾಂಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳಿಗಾಗಿಯೇ ಇನ್ನೊಂದು ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಈ ಕೇಂದ್ರವೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೃದಯದಂತಿದ್ದು ಅದರ ರಚನೆಯೇ ವಸ್ತುವಿಗೆ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ (individuality) ವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಗುಣಗಳಿಂದಾಗಲಿ, ಕೃತಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಾಗಲಿ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ಕೇಂದ್ರದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಸೂಕ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗಬೇಕು. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲವೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಅಡಗಿದೆ. ಈ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಶಕ್ತಿಯ ಅತ್ಯಲ್ಪಭಾಗವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದರೂ, ನಮಗೆ ಅಪಾರವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಹಸ್ತಗತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೀಯತ್ವದ (mutual convertibility of matter and energy) ಮೂಲ ತತ್ತ್ವವೇ ಅಡಗಿದೆ. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದಿರುವ ಘಟನೆಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದ ಮೇಲೆ ಅದರ ಉಪಯೋಗಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಅಳಿವು ಅಥವಾ ಉಳಿವಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಮುಖ್ಯವಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವು ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ನಿತ್ಯ ಜೀವನದ ಔಪಯೋಗಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪುಸ್ತಕವು ಅವಶ್ಯವಾಗಿದೆ.

ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸವನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಮೊದಲನೆಯದು ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿ—ಅಂದರೆ, ಇದರ ಮೂಲಧ್ಯೇಯವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮರ್ಮಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಿ ಅದರ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅರಿಯುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾದ ನಂತರ, ಈ ಮೂಲಧ್ಯೇಯವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರಗತಿಯು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಒಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಈ ಮೂಲಧ್ಯೇಯ ಸಾಧನೆಯೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಂತಿಮಗುರಿಯಾಗಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ, ಈಗಿನ ಅನುಭವಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಈ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಸಮಾಧಾನದಿಂದಲೇ ನಾವು ತೃಪ್ತರಾಗುವಂತಿಲ್ಲ. ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಮುಖ

ಸಂಶೋಧನೆಯ ಫಲವನ್ನೂ ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಔಪಯೋಗಿಕ ಫಲಗಳನ್ನು ನಾವು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸುವಂತಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೂ ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯ ಜೀವನಕ್ಕೂ ಅತ್ಯಂತ ನಿಕಟ ಬಾಂಧವ್ಯವು ಏರ್ಪಟ್ಟು ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯ ರೂಪರೇಖೆಗಳೇ ಬದಲಾಯಿಸಿರುವುದರಿಂದ, ಅವೆರಡರ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಆದುದರಿಂದ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ನಿಲುವನ್ನು ಒಂದು ಉನ್ನತ ದಂತಗೋಪುರದಲ್ಲಿಟ್ಟು ಬಾಹ್ಯ ಪ್ರಪಂಚದಿಂದ ದೂರವಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅವನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲಗಳು ಮಾನವನ ಹಿತದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಸಾಧಕ ಬಾಧಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಹೊಣೆಯು ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಮೇಲೆ ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದ ಮೇಲಂತೂ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ನಿಜವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮಾನವನ ಹಿತಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿರಕೂಡದೆಂಬ ಭಾವನೆಯು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನವು ಮಾನವನಿಗಾಗಿಯೇ ಹೊರತು ಮಾನವನು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕಾಗಿರಕೂಡದೆಂಬ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವಿದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯು ಮಾನವನ ಹಿತಾಸಕ್ತಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದಬೇಕು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಜವಾದ ಫಲವನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಅದನ್ನು ಮಾನವೀಯತೆಯಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಸದ್ಬುದ್ಧಿ ಮತ್ತು ವಿವೇಕಗಳನ್ನು ಮಾನವನು ಬೆಳೆಸಬೇಕಾದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಎಂದಿಗಿಂತ ಇಂದು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತಿದೆ.

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳು

ಕನ್ನಡ–ಇಂಗ್ಲೀಷ್

ಅಚ್ಛೇದ್ಯ	Un-cut
ಅಡ್ಡ ಕಾಂತತೆ	Dia-magnetism
ಅಣು	Molecule
ಅತಿನೀಲ; ನೀಲಾತೀತ	Ultra-violet
ಅತಿರಕ್ತ; ರಕ್ತಾತೀತ	Infra-red
ಅತ್ಯುಚ್ಚ	Maximum
ಅನನ್ಯಪರಿಣಾಮಕ್ರಿಯೆ	Catalytic action
ಅನಿಶ್ಚಿತತ್ವದ ತತ್ತ್ವ	Uncertainty principle
ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ	Free
ಅನಿಲ	Gas
ಅನುಕಾಂತತೆ	Paramagnetism
ಅನುರಣನ	Resonance
ಅಪೂರ್ಣ	Incomplete
ಅಭಿಮುಖ	Oriented
ಅಲ್ಪವಾಹಕ	Semi-conductor
ಅವಧಿಕ ಸಂಧಿಸ್ಥ	Critical
ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ	Continuous
ಅವಿಭಾಜ್ಯ	Indivisible
ಅಶುದ್ಧತೆ	Impurity
ಅಷ್ಟಕ	Octet
ಅಕ್ಷ	Axis
ಅಂಗ	Component
ಆಕರ್ಷಣ	Attraction
ಆಕೃತಿ	Model
ಆವರ್ತ	Period
ಆವರ್ತ ಕೋಷ್ಟಕ	Periodic table
ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ	Frequency

ಆವರಣ	Space
ಆಸ್ಫೋಟಕ ವಸ್ತು	Explosive
ಆಂದೋಲಕ	Oscillator
ಈಕ್ಷಣೆ	Glancing
ಉತ್ತೇಜಿತ	Stimulated
ಉತ್ಪ್ಲವನ	Buoyancy
ಉದ್ರೇಕ	Excitation
ಉಪಕರಣ	Apparatus
ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುದ್ವಾಹೀ ವಿಕಿರಣ	Thermionic emission
ಋಣಧ್ರುವ	Cathode
ಋಣವಿದ್ಯುತ್	Negative electricity
ಋಣವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣ; ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್	Electron
ಎಲ್ಲೆ	Boundary
ಏಕಮುಖಕಾರಕ ಕ್ರಿಯೆ	Rectifying action
ಏಕರೂಪತ್ವ	Homogeneity
ಒತ್ತಡ	Pressure
ಕನಿಷ್ಠ	Minimum
ಕಟ್ಟಡ	Structure
ಕಡುಗೆಂಪು	Red-hot
ಕಣ	Particle
ಕವಾಟ	Valve
ಕ್ವಾಂಟಂ (ಮೊತ್ತ)	Quantum
ಕಾಂತತ್ವ	Magnetism
ಕ್ರಿಯೆ	Action
ಕೇಂದ್ರಾಪಕರ್ಷಕ	Centrifugal
ಕೇಂದ್ರಾಭಿಮುಖ	Centripetal
ಕೋನಮಾಪಿತ	Angular
ಕೋಶ	Cell
ಕೃತಕ	Artificial; synthetic
ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ	Frequency of vibration
ಗಣಕ	Counter
ಗ್ರಹಣ	Absorption
ಗಾತ್ರ	Volume

ಗುಣ	Quality
ಗುಂಪು	Group
ಗುಣಲಬ್ಧಕ ಸಂಯುಕ್ತ	Multiple
ಗುಣಾಂಕ	Coefficient
ಗುರುತು	Trace
ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ	Gravitational
ಘನವಸ್ತು	Solid
ಘರ್ಷಣ	Collision
ಚದುರುವಿಕೆ	Scattering
ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ; ಆವೇಗ	Momentum
ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ	Machanics
ಚೂರಿ ಏಣು	Knife-edge
ಚೌಕಟ್ಟು	Frame-work
ಜಡಾಂಶ	Mass
ಜಡಾಂಶ ವರ್ಣ ರೋಹಿತ ಲೇಖಕ	Mass spectragraph
ಜಾಲಕ	Lattice
ಜಾಲರಿ	Grating-grid
ಜ್ಯೋತಿ	Glow
ಜೈವಿಕ	Organic
ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್	Transistor
ತಟ್ಟೆ	Plate
ತಳ	Base
ತರಂಗಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ	Wave-mehanics
ತರಂಗಾಂತರ	Wave-length
ತ್ವರಿತಗೊಳಿಸು	Aetivate
ತಂತು	Filament
ತಾಪ	Temperature
ತ್ರಿಧ್ರುವ	Triode
ತ್ರಿಜ್ಯ	Radius
ತೀವ್ರತೆ	Intensity
ತಿರುಳು	Core
ತುಡಿತಗಳು	Beats
ತೈಲಬಿಂದು	Oil drop

ತೋಡು	Groove
ಧನಧ್ರುವ	Anode
ಧನವಿದ್ಯುತ್	Positive electricity
ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣ	Proton
ದ್ರವ	Liquid
ಧಾತು (ಮೂಲವಸ್ತು)	Element
ದ್ವಿಧ್ರುವ	Diode
ದ್ವಿಮುಖ ವರ್ತನೆ	Dual character
ದೀರ್ಘವೃತ್ತ	Ellipse
ದ್ಯುತಿ	Light
ದ್ಯುತಿಕಣ	Photon
ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ಕ್ರಿಯೆ	Photo-electric effect
ದೂರದರ್ಶಕ	Telescope
ದೃಕ್ಪಥ	Field of view
ದೃಶ್ಯರೋಹಿತ	Visible spectrum
ದಂಡಕಾಂತ	Bav-magnet
ನವಿರುಕಾಗದ	Tissue paper
ನವೀನ	Modern
ನಾಳಿಕೆ	Tube
ನಿಡುಗಂಡಿ	Slit
ನಿತ್ಯತೆ	Conservation
ನಿರ್ದೇಶನ	Definition
ನಿಮ್ನ	Concave
ನಿಯತಾಂಕ	Constant
ನಿಯಂತ್ರಿತ	Controlled
ನಿರನಿಲ	Vacuum
ನಿರುಪಾಧಿಕ	Absolute
ನಿಷಿದ್ಧ	Forbidden
ನಿಸ್ತಂತು	Wireless
ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟ	Fixed
ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್; ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ಕಣ	Neutron
ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ	Effect, reaction
ಪದ	Term
ಪದರ	Foil

ಪದವಿನ್ಯಾಸ	Expression
ಪರಮಾಣು	Atom
ಪರಮಾಣುತೂಕ	Atomic weight
ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ	Atomic Number
ಪರಿಧಿ	Periphery
ಪರ್ಯಾಯ	Alternating
ಪಲ್ಲಟ	Displacemant
ಪರಿವರ್ತನೀಯತೆ	Convertibility
ಪರಿಮಾಣ	Dimension
ಪ್ರಮಾಣ	Magnitude
ಪ್ರಮೇಯ	Postulate
ಪ್ರಧಾನ	Primary
ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ	Potential difference
ಪ್ರಯೋಗ	Experiment
ಪ್ರಚೋದಕ ಯಂತ್ರ	Induction coil
ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಯೀ ಬಿಂದು	Anti-node
ಪ್ರಲಂಬನ	Projection
ಪ್ರವಾಹ	Current
ಪುಂಜ	Radical
ಪೂರ್ಣಾಂಕ	Integer
ಪಥ	Orbit; Trajectory
ಬಲ	Force
ಬಂಧಕ ಬಲ	Binding force
ಬಣ್ಣದ್ರವ	Pigment
ಬಹ್ವಣ್ವಿಕ ಸಂಘಟನಾಕ್ರಮ	Polymerisation
ಬೃಹತ್‌ಪ್ರಪಂಚ	Macroscopic world
ಬಾಗುವಿಕೆ	Deviation
ಬಾಹ್ಯ	External
ಬೀಜಾಂಶ, ಕೇಂದ್ರ	Nucleus
ಬೆಣಚುಕಲ್ಲು	Quartz
ಭದ್ರತೆ	Stability
ಭ್ರಮಣ	Spinning
ಭ್ರಮಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ ; ಮೊಮೆಂಟ್	Moment
ಭಿನ್ನಾಂಶ	Fraction

ಭೌತ	Physical
ಮಂಡಲ	Circuit
ಮಾನ	Unit
ಮಿರುಗು	Flash ; Scintillate
ಮೌಲ್ಯ ; ಬೆಲೆ	Value
ರಾಸಾಯನಿಕ	chemical
(ದ್ಯುತಿ) ರೇಖೆ	Ray (of light)
ರೇಖಾತಂಡ	Beam (of rays)
ರೇಖಾನಿರೂಪಣೆ	Geometry
ರೋಹಿತ	Spectrum
ರೋಹಿತರೇಖೆ	Spectral line
ರೋಹಿತ ಮಾಪಕ	Spectrometer
ಲಕ್ಷ್ಯ	Target
ಲಂಬ	Perpendicular
ವಲಯ	Zone ; shell
ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ	Diffraction
ವರ್ತುಲ	Circular
ವರ್ಣಪಟಲ ; ವರ್ಣರೋಹಿತ	Spectrum
ವೃತ್ತ	Circle
ವ್ಯವಸ್ಥೆ	System
ವ್ಯಾಸ	Diameter
ವಿಕರ್ಷಣ	Repulsion
ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ	Discharge of electricity
ವಿದ್ಯುತ್	Electricity
ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ	Battery
ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ	Insulating
ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧ	Resistance
ವಿದ್ಯುತ್ ವಹನ	Conduction
ವಿದ್ಯುದಂಶ	Charge
ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣ (ಅಯನೀಕರಣ)	Ionisation
ವಿಕಿರಣ	Radiation
ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ	Radio-activity
(ವಿನ್ಯಾಸ) ಸ್ಥಾನ	Configuration
ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತ-ಸಿದ್ಧಾಂತ	Electro-magnetic theory

ವಿದ್ಯುತ್‌ಲೇಖ	Streak (of electricity)
ವಿದಲನ	Fission
ವಿಚ್ಛಿನ್ನಕಸಾಧನ	Interruptor
ವಿಜ್ಞಾನ	Science
ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾಪಕ	Galvanometer/Electro-meter
ವಿಲೋಮ	Inverse
ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ	Resolving power
ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭಜನಾಲಯ	Ionisation chamber
ವೇಗ	Veilocity
ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ	Acceleration
ವೈಶಾಲ್ಯ	amplitude
ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ	Individuality
ಶಕ್ತಿ	Energy
ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ	Amplifier
ಶ್ಯಾನತೆ	Viscosity
ಸಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ	Sensitive
ಸದಿಶ	Vector
ಸಮತಲ	Plane
ಸಮಸ್ಥಿತಿ	Equilibrium
ಸಮಸ್ಥಾನಿ	Isotope
ಸಮಾನತೆ	Similarity
ಸಮೀಕರಣ	Equation
ಸರಪಣಿ ; (ಶ್ರೇಣಿ)	Chain-(series)
ಸ್ಥಾಯೀ ಬಿಂದು	Node
ಸ್ಥಾಯೀವಿದ್ಯುತ್	Static electricity
ಸಾಧನೆ	Proof
ಸ್ವರೂಪ	Nature
ಸೂತ್ರ	Formula
ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯಪಥ	Ground orbit/stable orbit
ಸಿದ್ಧಾಂತ	Theory
ಸುರಳಿ	Coil
ಸಂಗಮಬಿಂದು	Focus
ಸಂಯೋಜನ	Fusion
ಸಂಸಕ್ತ	Coherent

ಸಂಯೋಜನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ	Valency
ಸಂಯುಕ್ತ ರಚನೆ	Multiplet structure
ಸಾಂದ್ರತೆ	Density
ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ	Conventional
ಸ್ಥಾನಾಂತರ	Translational
ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿ	Cylinder
ಸಂಘಟಕ ಮೂಲಧಾತು	Polymer
ಸಂಭವನೀಯತೆ	Probability
ಸಂಕುಚಿತತೆ	Narrowness
ಸ್ಫುರಣ	Fluorescence
ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ	Microscope
ಹಬೆ	Vapour
ಹರಳು	Crystal
ಕ್ಷಿತಿಜಸಮತಲ	Horizontal
ಕ್ಷೇತ್ರ	Field